



UNIVERSIDAD LAICA VICENTE ROCAFUERTE DE GUAYAQUIL

DEPARTAMENTO DE POSGRADO

**MAESTRÍA EN INGENIERÍA CIVIL MENCIÓN GESTIÓN DE LA
CONSTRUCCIÓN**

TRABAJO DE TITULACIÓN

**PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE MAGISTER EN
INGENIERÍA CIVIL MENCIÓN GESTIÓN DE LA CONSTRUCCIÓN**

TEMA

**ESTUDIO EXPERIMENTAL DEL PAVIMENTO FLEXIBLE CON FONO-
ABSORCIÓN INCORPORANDO CAUCHO RECICLADO EN LA VÍA
URDANETA-PUEBLOVIEJO, ECUADOR**

TUTOR

MG. ING. CIVIL CARLOS LUIS VALERO FAJARDO

AUTOR

ING. CIVIL KEVIN JONATHAN MORA ONOFRE

GUAYAQUIL-ECUADOR

2024



REPOSITORIO NACIONAL EN CIENCIA Y TECNOLOGÍA	
FICHA DE REGISTRO DE TESIS	
TÍTULO Y SUBTÍTULO: Estudio experimental del pavimento flexible con fono-absorción incorporando caucho reciclado en la vía urdaneta-puebloviejo, ecuador.	
AUTOR/ES: Mora Onofre Kevin Jonathan	REVISORES O TUTORES: Valero Fajardo Carlos Luis
INSTITUCIÓN: Universidad Laica VICENTE ROCAFUERTE de Guayaquil	Grado obtenido: Magister en Ingeniería Civil Mención Gestión de la Construcción.
DEPARTAMENTO DE POSGRADO: Maestría en Ingeniería Civil	COHORTE: I
FECHA DE PUBLICACIÓN: 2024	N. DE PAGES: 111
ÁREAS TEMÁTICAS: Arquitectura y Construcción	
PALABRAS CLAVE: Pavimento Flexible, fono-absorción, caucho reciclado, incorporación.	
RESUMEN: <p>El presente trabajo de investigación, tiene como objetivo experimentar un pavimento flexible en la vía Urdaneta-Puebloviejo con la incorporación de caucho reciclado, para atribuirle la capacidad de fono-absorción, teniendo como principal problema ambiental la quema de llantas de vehículos que cumplieron su vida útil, para que de esta forma se recicle un elemento que es perjudicial para el ambiente</p>	

de ser almacenado en grandes depósitos, con esta incorporación en el pavimento flexible tradicional contando con propiedades de fono-absorción, al interactuar con las dosificaciones de la mezcla cumpliendo con los parámetros de diseño de una carretera, al ser incorporado el material reciclado obteniendo porcentajes de vacíos, estabilidad y flujo.

N. DE REGISTRO (en base de datos):

N. DE CLASIFICACIÓN:

DIRECCIÓN URL (tesis en la web):

ADJUNTO PDF:

SI

NO

CONTACTO CON AUTOR/ES:

Mora Onofre Kevin Jonathan

Teléfono:

0982327104

E-mail:

kmorao@ulvr.edu.ec

CONTACTO EN LA INSTITUCIÓN:

Mg. Eva Marjoriet Guerrero López, PhD.

Teléfono: (04)2596500 Ext. 170

E-mail: eguerrerol@ulvr.edu.ec

Directora del Departamento de Posgrado

Mg. Ing. Civil Kleber Alberto Moscoso Riera

Teléfono: (04)2596500 Ext. 170

E-mail: kmoscosor@ulvr.edu.ec

Coordinadora

maestría <mailto:dordonezy@ulvr.edu.ec>

de

CERTIFICADO DE ORIGINALIDAD ACADÉMICA

ESTUDIO EXPERIMENTAL DEL PAVIMENTO FLEXIBLE CON FONO-ABSORCIÓN INCORPORANDO CAUCHO RECICLADO EN LA VÍA URDANETA-PUEBLOVIEJO, ECUADOR

INFORME DE ORIGINALIDAD



FUENTES PRIMARIAS

1	Submitted to Universidad Laica Vicente Rocafuerte de Guayaquil Trabajo del estudiante	2 %
2	repository.usta.edu.co Fuente de Internet	1 %
3	www.europeanacustica.com Fuente de Internet	1 %
4	repositorio.espe.edu.ec Fuente de Internet	1 %
5	dspace.ueb.edu.ec Fuente de Internet	1 %
6	Submitted to Universidad Autónoma de Bucaramanga, UNAB Trabajo del estudiante	1 %
7	tienda.icontec.org Fuente de Internet	<1 %

8

Submitted to Universidad Tecnica De Ambato-
Direccion de Investigacion y Desarrollo , DIDE

Trabajo del estudiante

<1%

Excluir citas

Activo

Excluir coincidencias < 15 words

Excluir bibliografía

Activo

Mgtr. Ing. Civil Carlos Luis Valero Fajardo

C.C. 0925766461

DEDICATORIA

Dedico este trabajo de titulación, proyecto de investigación a mi Provincia de Los Ríos llena de gente luchadora y trabajadora, que merecen tener calidad de vida; a la Universidad Laica VICENTE ROCAFUERTE de Guayaquil, por formarme profesionalmente e inculcarme valores de ética y humanos, a las autoridades y dirigentes del Programa de Posgrado Maestría en Ingeniería Civil mención gestión de la Construcción, a mi madre Jenny Onofre Egas por ser mi impulso a seguir adelante en cada momento difícil, a mi Padre José Mora Yépez por brindarme el constante apoyo, a mi hermana Kengy Mora Onofre por ser mi amiga y confidente, a mi tutor Mg. Ing. Civil Carlos Luis Valero Fajardo por orientarme acertadamente en el desarrollo de la investigación, a mi Coordinador de carrera Mg. Ing. Civil Kleber Alberto Moscoso Riera por brindarme su directrices al momento de la inscripción para realizar este proceso de obtención de maestría y no por mencionar al último menos importante a toda la familia Laica sinónimo de perseverancia, sacrificio, dedicación y entrega, porque ser Laico significa calidad Profesional.

Kevin Jonathan Mora Onofre

AGRADECIMIENTOS

Dios todo poderoso la honor y gloria a él, por su eterna misericordia; por brindarme todas las bendiciones durante mi etapa académica y laboral, las energías mediante sus oraciones me ayudaron al momento de afrontar momentos difíciles en mi vida personal, agradezco a la Universidad Laica VICENTE ROCAFUERTE de Guayaquil, por darme la oportunidad de especializarme en gestión de la Construcción ; a mis docentes por la entrega y paciencia en cada clase; a todos quienes integramos la cohorte I de la Maestría en Ingeniería Civil mención Gestión de la Construcción; gracias por la bondades.

Kevin Jonathan Mora Onofre

CERTIFICACIÓN DE AUTORÍA Y CESIÓN DE DERECHOS DE AUTOR

Guayaquil 31 de agosto del 2022

Yo, **Kevin Jonathan Mora Onofre**, declaro bajo juramento, que la autoría del presente proyecto de investigación, “**Estudio experimental del pavimento flexible con fono-absorción incorporando caucho reciclado en la vía urdaneta-puebloviejo, ecuador**”, corresponde totalmente al suscrito y me responsabilizo con los criterios y opiniones científicas que en el mismo se declaran, como producto de la investigación realizada.

De la misma forma, cedo los derechos patrimoniales y de titularidad a **La Universidad Laica VICENTE ROCAFUERTE de Guayaquil**, según lo establece la normativa vigente.



Ing. Civil Kevin Jonathan Mora Onofre

C.I. 1207488550

CERTIFICACIÓN DE ACEPTACIÓN DEL TUTOR

Guayaquil 31 de agosto del 2022

Certifico que el trabajo titulado “**Estudio experimental del pavimento flexible con fono-absorción incorporando caucho reciclado en la vía urdaneta-pueblviejo, ecuador**” ha sido elaborado por **Kevin Jonathan Mora Onofre** bajo mi tutoría, y que el mismo reúne los requisitos para ser defendido ante el tribunal examinador que se designe al efecto.

Mg. Ing. Civil Carlos Luis Valero Fajardo

C.C. 0925766461

ÍNDICE GENERAL

INTRODUCCIÓN.....	1
CAPITULO 1: MARCO GENERAL DE INVESTIGACION.....	3
1.1 Tema.....	3
1.2 Planteamiento del problema	3
1.3 Formulación del problema.....	4
1.4 Sistematización del problema.....	4
1.5 Delimitación del problema de investigación	5
1.6 Delimitación de la investigación	5
1.7 Línea de investigación	5
1.8 Objetivo general.....	6
1.9 Objetivo específico	6
1.10 Justificación de la investigación	7
1.11 Hipótesis de la investigación	8
1.12 Variable independiente.....	8
1.13 Variable dependiente.....	8
CAPITULO 2: MARCO TEÓRICO	9
2.1 Marco teórico.....	9
2.1.1 Pavimento Flexible.....	9
Gestión de fallas en pavimentos flexibles	9
Metodología de inspecciones de pavimentos.....	10
Tipos de deterioro de pavimentos	10
Técnicas de fallas de pavimento de visión por computador.....	11
2.1.2 Fono-absorción.....	11
Propagación del ruido al aire libre	11
Factores de ruido	12
Consideración del ruido.....	13
Interacción entre pavimento y neumático.....	14
Contaminación auditiva y sus repercusiones en el humano	15
2.1.3 Caucho reciclado.....	15
Reciclaje local.....	15
Materiales fono-absorbentes	16
Almacenamiento de caucho	17
Áreas utilizables del caucho.....	18
Impacto del caucho reciclado en las propiedades del asfalto.....	18
Caucho reciclado granular para mejorar las propiedades mecánicas.....	19

2.2 Marco conceptual	20
Pavimento flexible.	20
Fono-absorción.....	20
Caucho reciclado.....	21
Vía.	21
Mezcla asfáltica fría.	21
Mezcla asfáltica caliente.	21
Experimentación.....	21
Dosificación.....	21
Decibeles.....	21
Fricción.	22
Contaminación auditiva.....	22
Durabilidad.	22
Resistencia.....	22
Mantenimiento.	22
Especificaciones.....	22
Mitigación.	22
Propiedades.....	22
Adherencia.	23
Capacidades mecánicas.....	23
Evaluación.....	23
Ensayos de laboratorios.....	23
Ruido.	23
Tecnología.....	23
Innovación	23
2.3 Marco legal	24
2.3.1 Normas vigentes.....	24
Constitución de la República del Ecuador 2008.....	24
Titulo V: Organización territorial de estado	24
Ley de Minería (Art. 1).....	25
Normas Técnicas Ecuatorianas	25
Norma nevi-12	29
Especificaciones técnicas del ministerio de transporte y obras publicas.....	29
CAPITULO 3: METODOLOGIA Y ANALISIS DE RESULTADO	30
3.1 Metodología.....	30
3.2 Enfoque de la investigación	31

3.3 Alcance de la investigación.....	31
3.4 Tipo de investigación	32
3.5 Instrumentos de la investigación.....	32
3.6 Técnicas de la investigación	33
3.7 Operacionalización de las variables	43
3.8 Ensayos de investigación con resultados.....	45
CAPITULO 4: PROPUESTA DE SOLUCION O INFORME TECNICO	63
4.1 Introducción	63
4.2 Justificación	64
4.3 Análisis de lo propuesto.....	64
4.3.1 Análisis de lo propuesto en factibilidad.....	67
4.3.2 Análisis de lo propuesto aspecto ambiental.....	68
4.3.3 Análisis del propuesto aspecto económico	70
4.3.4 Análisis del propuesto aspecto social	73
4.4 Análisis de la Fono-absorción.....	76
4.5 Conclusiones.....	79
4.6 Recomendaciones.....	80
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	81

INDICE DE FIGURAS

Figura 1: Vía Urdaneta - Puebloviejo. Elaborado por: Mora (2022).	4
Figura 2: La zona de almacenamiento del caucho reciclado. Fuente: Paredes (2021).....	5
Figura 3: Almacenamiento de llantas en depósito de México. Fuente Sarcos (2017).....	7
Figura 4: Prueba de decibeles en Alemania. Fuente Shuelth (2015)	8
Figura 5: Falla de asfalto por humedad. Fuente Crespo (2017).....	9
Figura 6: Medición de fallas en asfalto. Fuente Ibáñez (2020).....	10
Figura 7:Falla de asfalto por humedad. Fuente Crespo (2017)	11
Figura 8: Propagación del ruido. Fuente Soler (2018).....	12
Figura 9: Monitoreo del tránsito y decibeles. Fuente Sinia (2018)	13
Figura 10: Medición de los decibeles en las vías. Fuente Ramírez (2020)	14
Figura 11:Medición de la fricción en los neumáticos. Fuente Márquez (2018).....	14
Figura 12: Granulometría del caucho reciclado. Fuente Rodríguez (2020).....	17
Figura 13: Métodos de utilización del caucho reciclado. Fuente Ranjob (2019)	18
Figura 14: Mezcla de agregados. Fuente Vásquez (2020).....	19
Figura 15: Caucho granular. Fuente Castro (2018).....	20
Figura 16: Caucho triturado Fuente: Cauchos Dinámicos (2022)	30
Figura 17: Mezcla en seco de los agregados con el caucho reciclado Elaborado por: Mora (2022).....	31
Figura 18: Diagrama de diseño de ensayos con el caucho reciclado Elaborado por: Mora (2022).....	32
Figura 19: Herramientas utilizadas, tamices y brocha Elaborado por: Mora (2022).....	34
Figura 20: Material $\frac{3}{4}$ - material pasante $\frac{3}{8}$ – arena Elaborado por: Mora (2022)	35
Figura 21: Rc250 Elaborado por: Mora (2022).....	35
Figura 22: Caucho reciclado Elaborado por: Mora (2022).....	36
Figura 23: Peso de los materiales Elaborado por: Mora (2022)	37
Figura 24: Elaboración de la mezcla asfáltica Elaborado por: Mora (2022)	38
Figura 25: Fabricación de las briquetas Elaborado por: Mora (2022)	39
Figura 26: Toma de pesos para densidades Elaborado por: Mora (2022)	40
Figura 27: Muestras en baño María Elaborado por: Mora (2022)	41

Figura 28: Briquetas en molde de ensayo Marshall Elaborado por: Mora (2022) ...	42
Figura 29: Ensayo Marshall Elaborado por: Mora (2022).....	43
Figura 30: Curva de granulometria. Elaborado por: Mora (2022).....	51
Figura 31: Ensayo de briqueta. Elaborado por: Mora (2022).....	52
Figura 32: Ensayo con 5% de caucho reciclado. Elaborado por: Mora (2022).....	57
Figura 33: Ensayo con 2% de caucho reciclado. Elaborado por: Mora (2022).....	58
Figura 34: Ensayo con 1% de caucho reciclado. Elaborado por: Mora (2022).....	59
Figura 35: Diagrama de barras de Estabilidad. Elaborado por: Mora (2022)	60
Figura 36: Diagrama de Barras de Flujo Elaborado por: Mora (2022).....	61
Figura 37: Diagrama de Barras Vacíos Elaborado por: Mora (2022)	62
Figura 38: Vía Pueblviejo Elaborado por: Mora (2022)	63
Figura 39: Ensayo de caucho reciclado 1%. Elaborado por: Mora (2022).....	66
Figura 40: Diagrama de barras caucho reciclado 1% estabilidad – flujo -% de vacíos Elaborado por: Mora (2022)	67
Figura 41: Bacheo asfáltico Elaborado por: Mora (2022)	68
Figura 42: Asfalto ecológico Fuente: Sánchez (2020).....	69
Figura 43: Tendido del Asfalto ecológico Fuente: Sánchez (2020)	70
Figura 44: Caucho reciclado con agregado Elaborado por: Mora (2022).....	71
Figura 45: Pesado del Caucho reciclado: Elaborado por: Mora (2022).....	72
Figura 46: Asfalto en caliente Fuente: GADPLR (2022).....	74
Figura 47: Bacheo asfáltico Fuente: GADPLR (2022).....	75
Figura 48: Asfalto con caucho reciclado Fuente: VIAL (2020)	76
Figura 49: Compactación con caucho reciclado Fuente: VIAL (2020)	77
Figura 50: Briquetas de asfalto con caucho reciclado Elaborado por: Mora (2022)	78

ÍNDICE DE TABLA

Tabla 1: Línea de Investigación ULVR	5
Tabla 2: Operacionalización de las Variables Independientes	43
Tabla 3: Operacionalización de la Variable Dependiente.....	45
Tabla 4: Ensayo de la abrasión de los ángeles.....	46
Tabla 5: Ensayo peso unitario 3/4	47
Tabla 6: Ensayo peso unitario 3/8	47
Tabla 7: Ensayo peso unitario arena.....	48
Tabla 8: Ensayo peso específico grueso.....	48
Tabla 9: Ensayo peso específico fino.....	49
Tabla 10: Ensayo de granulometría	50
Tabla 11: Ensayos de briquetas.....	53
Tabla 12: Determinación Rice Gmm	54
Tabla 13: Diagramas de vacíos, estabilidad y Flujo	55
Tabla 14: Dosificación de mezcla asfáltica.....	56
Tabla 15: Criterios Marshall	65
Tabla 16: Costo referencial de la mezcla asfáltica.....	73

ÍNDICE DE ANEXOS

ANEXO 1: Combinación de agregados para obtener la mezcla asfáltica con los respectivos pesos.....	85
ANEXO 2: Muestras realizadas para la obtención de resultados con las diferentes dosificaciones y porcentajes.	86
ANEXO 3: Verificando el peso de las muestras realizadas en laboratorio, y teniendo en consideración los posibles cambios.	87
ANEXO 4: Colocando las muestras en baño María para obtener resultados de acuerdo a los estudios.	88
ANEXO 5: Realizando pruebas de esfuerzo a las briquetas de pavimento asfáltico.	89
ANEXO 6: Calentando la mezcla asfáltica para obtener la temperatura óptima para el estudio.....	90
ANEXO 7: Muestra de la hoja de cálculo para el examen del diseño de estabilidad y flujo.....	91
ANEXO 8: Muestra de la hoja de cálculo para diseño con pesos específicos de agregados.	92
ANEXO 9: Muestra de la hoja de cálculo para diseño de granulometría con la Norma INEN.....	93
ANEXO 10: Participación en el VI CONGRESO INTERNACIONAL EN INNOVACION DE LA INGENIERIA CIVIL 2023 en Santa Elena como ponente.....	94
ANEXO 11: Publicación de artículo en revista YACHANA indexada en LATINDEX 2.0. Primer artículo del Dossier	95
ANEXO 12: Certificado de participación como Investigador Invitado en la Universidad Laica Vicente Rocafuerte de Guayaquil.	96
ANEXO 12: Certificado como investigador invitado Universidad Laica Vicente Rocafuerte de Guayaquil.....	95

INTRODUCCIÓN

En el mundo existe uno de los principales problemas ambientales, que es el que se genera con el reciclado de llantas, ya que en muchos países existen depósitos inmensos de neumáticos y en casos generan incendios por dicha acumulación, en nuestro país existen asociaciones que nos ayudan con el reciclado y tratamiento del caucho para ser reutilizado en obras de pavimento flexible.

El Ecuador tiene grandes ejes viales estatales con mayor tráfico, generando ruidos excesivos, teniendo en cuenta que mucha de ellas están concesionada, para realizarles el mantenimiento preventivo y correctivo generando flujos de dinero por los trabajos realizados, dichos mantenimientos son realizados con una planificación para la reparación de baches, grietas y socavamientos.

Las vías secundarias y terciarias son las que normalmente les pertenecen a los gobiernos provinciales realizar dichos mantenimientos y quizás con las mayormente afectadas por el tráfico pesado, agrícola y domestico ya que muchos equipos que transitan por estas vías son agrícolas y dañan las estructuras de la vía.

En los cantones Urdaneta y Puebloviejo con directamente afectados por su alto índice de zona agrícola, que al ser transportadas dichas maquinarias generan alteraciones en la carpeta asfáltica y en el peor de los casos se genera malestar por los baches y grietas que aparecen en las vías.

En el primer capítulo se trata de la problemática sobre el calentamiento global es uno de los principales problemas del mundo, ya que existen contaminación que afecta al planeta, el depósito de llantas es muy perjudicial para el medio ambiente por tal motivo se realiza una alternativa de mejoramiento de problemas originados por el caucho de los neumáticos.

En el segundo capítulo se aborda la parte teórica en la cual se observa las gestiones de fallas del pavimento flexible, tipos de deterioro del pavimento, caucho reciclado como método de construcción y fono-absorción que son los 3 principales agentes de estudio.

En el tercer capítulo se realiza la parte metodológica de la investigación del pavimento flexible con caucho reciclado donde se realizarán ensayos de laboratorios

con los materiales y agregados disponibles teniendo muchos aspectos de diseño para la realización de diferentes porcentajes del pavimento con caucho reciclado.

En el cuarto capítulo se obtienen los resultados con la propuesta del pavimento flexible con caucho reciclado en la cual se verifica las propiedades de diseño que se obtienen de los ensayos para conseguir los diferentes porcentajes de caucho que serán agregados a la mezcla asfáltica.

CAPITULO 1: MARCO GENERAL DE INVESTIGACION

1.1 Tema

Estudio experimental del pavimento flexible con fono-absorción incorporando caucho reciclado en la vía Urdaneta-Puebloviejo, Ecuador

1.2 Planteamiento del problema

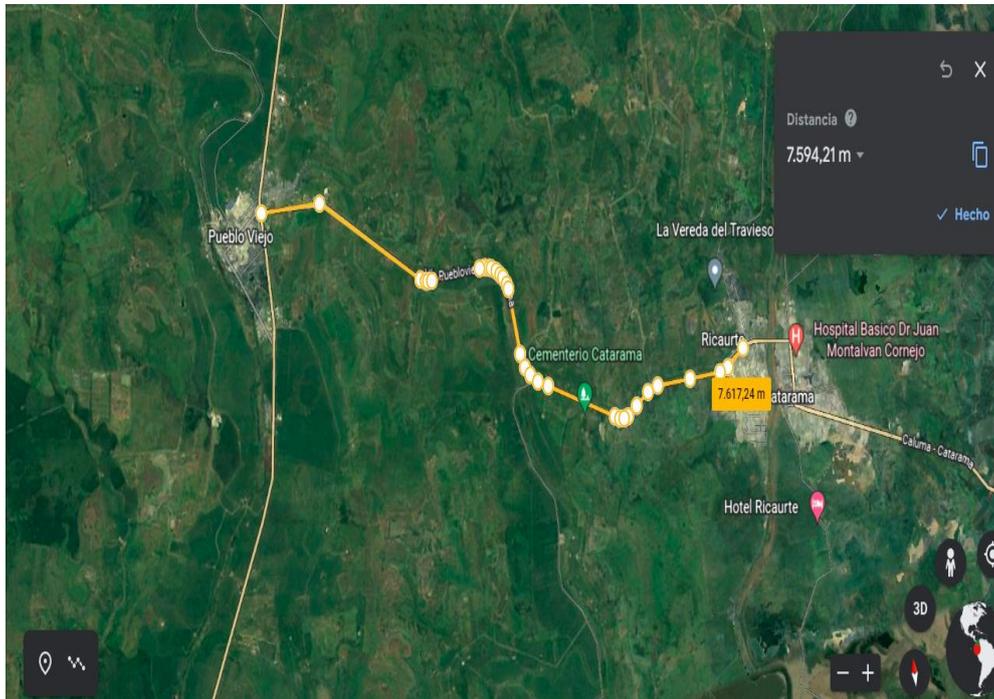
En Kuwait un país ubicado en Asia Occidental se encuentra SULAIBIYA el mayor deposito mundial de Neumáticos con más de 7 millones de unidades, que generan año a año incendios en el lugar, en nuestro país un grupo de empresarios crearon un Sistema ecuatoriano de gestión integral de neumáticos usado (Seginus) permitiendo reciclar neumáticos.

En el cantón Urdaneta comprendida por 2 parroquias Catarama y Ricaurte conocido por los grandes canales de riego que benefician al 20 % de la población productiva del cantón (Datos tomados del GADPLR), teniendo un tráfico constante de vehículos pesados, que son los encargados de transportar los productos que se cosechan, como también el tránsito de maquinarias agrícolas.

Siendo un cantón altamente productivo teniendo el 80 % de población agrícola de los cuales cada 4 de 10 agricultores (dirección de medio ambiente GADPLR 2018), tienen maquinaria agrícola que es transportada por la vía Urdaneta - Puebloviejo a los diferentes cultivos, se presentan deterioro de dicha vía generándose baches producto del desgaste del asfalto, asociados a la presencia de humedad, capacidad de carga y ruidos generados por las maquinarias, que a diario transitan convirtiéndose en una molestia tanto en lo operativo como lo auditiva para los pobladores que residen en la zona.

Figura 1

Vía Urdaneta - Puebloviejo.



Elaborado por: Mora (2022).

1.3 Formulación del problema

¿Cómo la mezcla asfáltica con caucho reciclado permitiría obtener un pavimento flexible fonoabsorbente?

1.4 Sistematización del problema

¿En qué medida la reducción de la contaminación auditiva generada por el tránsito de vehículos y maquinaria agrícola impactara a los poblados aledaños de la vía?

¿Cómo la evaluación a los diferentes porcentajes de cauchos reciclado garantiza los niveles de absorción – durabilidad y decibeles?

¿de qué manera el caucho reciclado se incorporará al pavimento flexible sin perder las propiedades de adherencia, pero atribuyendo la fono-absorción?

1.5 Delimitación del problema de investigación

Estudio experimental del pavimento flexible con fono-absorción incorporando caucho reciclado en la vía Urdaneta-Puebloviejo en el año 2022

Figura 2

La zona de almacenamiento del caucho reciclado.



Fuente: Paredes (2021).

1.6 Delimitación de la investigación

Este pavimento me sirve para las etapas de mantenimiento de una vía

1.7 Línea de investigación

Tabla 1: Línea de Investigación ULVR

Dominio	Línea Institucional	Línea de Facultad de Ingeniería, Industria y Construcción
Urbanismo y ordenamiento territorial aplicando tecnología de construcción eco- amigable, industria y desarrollo de energías renovables	Territorio, medio ambiente y materiales innovadores para la construcción.	Materiales de construcción

Fuente: Universidad Laica VICENTE ROCAFUERTE de Guayaquil (2022).

1.8 Objetivo general

Experimentar una mezcla asfáltica con la incorporación de caucho reciclado para la obtención del pavimento flexible fonoabsorbente de la vía Urdaneta-Puebloviejo.

1.9 Objetivo específico

- Determinar la dosificación del pavimento flexible con caucho reciclado por medio de una revisión bibliográfica para el inicio de la experimentación.
- Realizar la mezcla asfáltica por medio de la dosificación del pavimento flexible con caucho reciclado para su evaluación.
- Evaluar las capacidades mecánicas por medio de los ensayos de laboratorio y especificaciones para la obtención de la mezcla idónea en trabajos de mantenimientos que nos brinde beneficios de disminución del ruido.
- Obtener la mezcla asfáltica idónea por medio de los resultados de la evaluación para la experimentación de la capacidad fonoabsorbente.
- Presentar la propuesta del pavimento flexible con la incorporación del caucho reciclado por medio de los resultados de la experimentación para la solución al problema en cuanto a la emisión del ruido al transitar vehicular.

1.10 Justificación de la investigación

El calentamiento global es uno de los principales problema del mundo, ya que existen contaminación que afecta al planeta, el depósito de llantas es un ámbito

perjudicial para el medio ambiente, ya que muchos neumáticos son quemados y en ocasiones son almacenadas millones de ellas, reciclando los neumáticos tendríamos menos depósitos de llantas en el mundo, en nuestro país nos permitirá tener un nuevo método de construcción de carreteras ayudando al medio ambiente y generando métodos constructivos innovadores, de esta forma se plantea ahorrar los tiempos de mantenimientos de las vías adquiriendo la facultad de resistencia y durabilidad teniendo la interacción entre el caucho reciclado y los neumáticos de los vehículos , a su vez mejorando la salud de los pobladores cercanos a dichas carreteras ya que la constante exposición al ruido producida por la fricción de la llanta con el asfaltos siendo el rango permitido en el ser humano de entre 50 y 65 Db deteriora la calidad de vida de quienes sufren estas molestias.

La exposición al ruido (según datos OMS) aumenta el riesgo de padecer HTA, angina de pecho o un infarto agudo de miocardio. Esto se debe a una activación de hormonas nerviosas, que va a provocar el aumento de la tensión arterial y perdida del oído por aumento en los db de ruido, en el ámbito climático genera degradación de la biodiversidad de ecosistema generando el calentamiento global.

Figura 3

Almacenamiento de llantas en depósito de México.



Fuente: Sarcos (2017)

1.11 Hipótesis de la investigación

La incorporación de caucho reciclado en una mezcla asfáltica permitiría la obtención de un pavimento flexible fonoabsorbente.

Figura 4

Prueba de decibeles en Alemania.



Fuente: Shuelth (2015)

1.12 Variable independiente

Incorporación del caucho reciclado

1.13 Variable dependiente

El pavimento flexible fonoabsorbente

CAPITULO 2: MARCO TEÓRICO

2.1 Marco teórico

2.1.1 Pavimento Flexible

Gestión de fallas en pavimentos flexibles

Quiñonez (2020) afirma que una detección automática de fallas superficiales mediante imágenes desarrolladas, con el fin de evitar el deterioro del pavimento, que ya que una infraestructura vial en óptimas condiciones mejora mucho el entorno social, económico y político, teniendo una planificación oportuna en las intervenciones de mantenimiento para prevenir deterioro del pavimento ya que en una vía se genera gran desarrollo en la región, pero el alto tráfico de esta disminuye la calidad del servicio aumentando costo y disminuyendo seguridad en la vía, de acuerdo con las investigaciones se obtienen las fallas en los pavimentos flexibles generando grietas y baches.

Figura 5

Falla de asfalto por humedad.



Fuente: Crespo (2017)

Metodología de inspecciones de pavimentos

Tello y Cifuentes (2021) en su estudio de los Métodos de inspección de vías más importantes son los que se encuentran distribuidos en 3 categorías: Manuales, automáticas y por vibraciones.

El método manual comprende la utilización de un vehículo viajando por una vía observando las imperfecciones del pavimento y tomando base de datos de ubicación y tipo de fisuras o baches de que este método es un poco preciso, pero permite obtener la información visual.

El método automático comprende la incorporación de un vehículo, como sensor con cámaras que toman la superficie de la carretera para ser analizada mediante las imágenes obtenidas.

El método por vibraciones es el que se utiliza para el estudio de las fisuras, provocada por el tránsito en los pavimentos, teniendo como elementos sensores de compactación para generar las vibraciones y tener datos de resistencia del asfalto.

Figura 6

Medición de fallas en asfalto.



Fuente: Ibáñez (2020)

Tipos de deterioro de pavimentos

Tello y Cifuentes (2021) afirma en la clasificación que los tipos de deterioro son longitudinal, transversal y piel de cocodrilo, estos nombres yo los obtiene del estudio mediante imágenes del pavimento teniendo las grietas más comunes en los inviernos

es la piel de cocodrilo ya que el pavimento se fisura provocando el desprendimiento del asfalto a razón del tráfico.

Figura 7

Falla de asfalto por humedad.



Fuente: Crespo (2017)

Técnicas de fallas de pavimento de visión por computador

Bravo (2022) define una deducción automática de las imágenes que sirven para obtener datos de fallas producidas en el pavimento, a través de la utilización de equipos tecnológicos como un dron, se toma imágenes aéreas para obtener un estado de la vía de pavimento flexible notando grietas y desprendimientos de asfaltos que generan baches y socavamientos produciendo muchos accidentes.

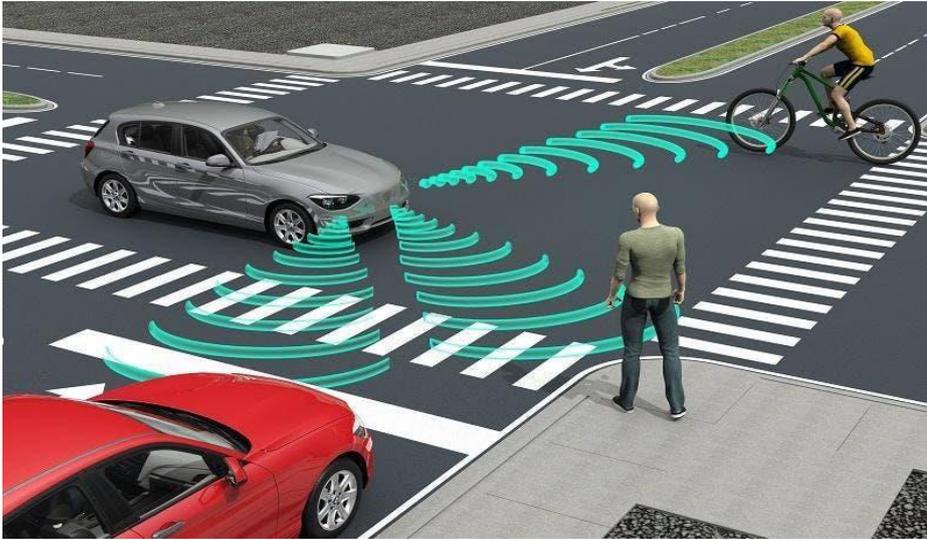
2.1.2 Fono-absorción

Propagación del ruido al aire libre

Miyara (2017) afirma que las vibraciones del sonido son las que se trasladan a través de gases, líquidos y sólidos, todo este ruido se disipa en el aire alcanzando grandes distancias llegando en algunos casos a perjudicar la salud las personas que están expuestas a grandes ruidos producto de los motores de los vehículos y las fricciones que existen entre las llantas y el pavimento.

Figura 8

Propagación del ruido.



Fuente: Soler (2018)

Factores de ruido

Arcos (2021) en su estudio de las carreteras afirma que se generan muchos factores de ruido que afectan a una población tales como: el flujo vehicular, tipo de vehículos, tipo de motores, composición estructural de la carretera, velocidad de circulación y características geométricas de la vía.

El flujo vehicular depende mucho del tránsito que transcurre en la vía ya que si es una vía de 2 carriles se genera mucho más ruido por dicho tráfico pasando por una zona con bastante población y comercio.

El tipo de vehículo y motores también es un factor de ruido ya que muchos de ellos tienen los escapes rotos generando el ruido y contaminación con el humo que salen de sus vehículos y a su vez los motores con pocos mantenimientos producen los ruidos indeseados.

En la composición estructural de la vía depende mucho de que método de construcción del pavimento se utilizó ya que generan fricción al momento de tocar los neumáticos con la capa de rodadura.

La velocidad de circulación y la geometría de la vía influyen mucho en el ruido es decir en una avenida en la cual está permitida una circulación que pasa de los 100 km/h será mayor la fricción de los neumáticos con el asfalto, si la vía tiene curvas

pronuncias también se tomará en consideración dicho ruido que se generará por el Peralte.

Figura 9

Monitoreo del tránsito y decibeles.



Fuente: Sinia (2018)

Consideración del ruido

En su modelo de estudio Arcos (2021) considera el ruido vehicular como la fuente de contaminación acústica urbana más común, que se está considerando incluir vehículos eléctricos en la población ya que estos vehículos no generan contaminación, al momento de que el vehículo transita a velocidad menor a 50 km/h el ruido generado por el motor es considerable, mientras que para velocidades mayores el ruido que domina es el producido por la fricción de los neumáticos y pavimento, Al sobrepasar los 80 km/h la interacción con el aire da origen al ruido aerodinámico.

Los motores eléctricos dan grandes ventajas como la capacidad de producir el movimiento vehicular sin revoluciones ni vibraciones, aportando en la reducción de los niveles de ruido (SandBerg, 2012) como se citó en (Béregier, et al., 2014).

El análisis de las empresas productoras de vehículos y su aporte a la disminución de ruido ha iniciado con inconvenientes a nivel mundial ya que existen el problema entre quienes favorecen los vehículos con motores a combustión versus los que promueven los motores eléctricos, sin embargo, la tendencia a disminuir los niveles de ruido cada vez es más cercana.

Figura 10

Medición de los decibeles en las vías.



Fuente: Ramírez (2020)

Interacción entre pavimento y neumático

Arcos (2021) afirma que la área de contacto de una carretera es donde se genera el mayor nivel de ruido en los neumáticos, la llanta tiene mayor interacción con la rasante generando el sonido, Pero si la dimensión de contacto es menor reducirá los niveles ya que La reducción de contacto de los neumáticos difícilmente puede lograrse, teniendo como indispensable el agarre para la estabilidad y control del vehículo, esta condición hace que la interacción neumático–pavimento sea uno de los principales productores de contaminación acústica en sectores urbanos.

Figura 11

Medición de la fricción en los neumáticos.



Fuente: Márquez (2018)

Contaminación auditiva y sus repercusiones en el humano

La pérdida de audición provocada por el ruido puede generarse de una sola vez por un sonido agudo e “intenso”, como el de un estallido. También puede ocurrir poco a poco por la exposición continua a sonidos fuertes, como los ruidos generados en unas fabricas donde existen motores.

Algunas actividades recreativas que pueden ponerlo en riesgo de desarrollar pérdida de audición inducida por el ruido son el tiro al blanco y la cacería, escuchar música con auriculares a un volumen alto, tocar en una banda e ir a conciertos con la música fuerte.

El sonido se mide en unidades llamadas decibelios o decibeles. Es muy raro que los sonidos de 70 decibelios ponderados A (dBA) o menos causen pérdida de audición, aun cuando uno esté expuesto a ellos por mucho tiempo. Sin embargo, exponerse por mucho tiempo o repetidamente a sonidos de 85 dBA o más puede causar pérdida de audición. Mientras más alto sea el sonido, más rápido se desarrolla la pérdida de audición inducida por el ruido.

Estos son los niveles promedio de algunos sonidos comunes, medidos en decibelios:

una conversación normal 60-70 dBA

el cine 74-104 dBA

las motocicletas o motocicletas todoterreno 80-110 dBA

la música a través de auriculares al volumen máximo, eventos deportivos y conciertos 94-110 dBA

las sirenas 110-129 dBA

los fuegos artificiales 140-160 dBA

2.1.3 Caucho reciclado

Reciclaje local.

Méndez (2019), Afirma que, existen productos nuevos tales como, repuestos de auto, canchas sintéticas, asfalto modificado para carreteras, muebles, pisos o

rompe velocidades usados en el campo de construcción y productos derivados de este material.

El Ministerio del Ambiente, Agua y Transición Ecológica - MAE está buscando el reciclaje y por eso ha establecido muestra de mezclas asfálticas modificadas con el polvo del caucho reciclado para construir carreteras ecológicas en el país.

Existen empresas en el país que se dedican al reciclaje de este material teniendo muy buenas visiones de la reutilización del caucho una vez determinada sus propiedades mecánicas y físicas encontramos a Ecuaplastic que es una empresa recicladora de la provincia de Pichincha dedicada al almacenamiento del caucho para su posterior tratamiento, también empresa 100% ecuatoriana, dedicada a la producción de productos con agregado de caucho reciclado

Materiales fonoabsorbentes

Ledermann (2018) afirma que existe una transformación de la energía en ruido al existir materiales que ayudan a disipar los sonidos que generan molestias obteniendo los aislamientos acústicos mediante características adquiridas en los materiales que son:

- Porosidad
- Rigidez
- Densidad
- Celdas geométricas
- Montaje con distancias en las superficies más sólidas.

Los Materiales resonantes, que presentan la máxima absorción a una frecuencia determinada: la propia frecuencia del material.

Los materiales porosos, que absorben más sonido a medida que aumenta la frecuencia. Cuanto más poroso es el material, mayor es la absorción

La capacidad de Absorbentes en forma de panel o membrana: absorben con mayor eficacia las bajas frecuencias (los graves), que las altas.

En los absorbente Helmholtz: es un tipo de absorbente creado artificialmente que elimina un determinado margen de frecuencias.

El intento por disminuir el ruido de una nave industrial, local, sala o vivienda será preciso mezclar materiales absorbentes y aislantes acústicos. Un material absorbente colocado en el espacio cerrado entre dos tabiques paralelos mejora el aislamiento que ofrecerían dichos tabiques por sí solos.

Figura 12

Granulometría del caucho reciclado.



Fuente: Rodríguez (2020)

Almacenamiento de caucho

Cempre (2021) afirma que los neumáticos tienen diferentes pesos dependiendo si son vehículos livianos por ejemplo 9,5 kg es el peso para vehículos pequeños y en vehículos pesados de 17 a 100 kg, teniendo como almacenamiento lugares libres de altas temperaturas que puedan generar la combustión de los agregados de la llanta, Ya que en estos lugares parten las clasificaciones para los diferentes usos que pueda tener si se trata de reciclar neumáticos.

Áreas utilizables del caucho.

Cempre (2021) establece que las áreas que utilizan el caucho reciclado pueden ser:

Ingeniería civil: son empleadas para obras de mezclado de agregados para formaciones de pavimentos y rellenos que servirían para mejorar el medio ambiente y en la parte vial la incorporación de un nuevo material que prevendría el deterioro ambiental.

Actividades marinas: se utiliza como protección para embarcaciones en los momentos de atracado en las orillas de las playas o ríos.

Murallas: su principal función es prevenir el atracado de una nave acuática sin control alguno a la deriva.

Agroindustriales: su utilización parte de las membranas que se pueden realizar con el caucho teniendo protección para inviernos de los lugares donde se realizan actividades agrícolas.

Reencauchado: alargamiento de la vida útil del neumático a través de reposiciones de los elementos del caucho averiado y su reemplazo por una parte del anterior.

Figura 13

Métodos de utilización del caucho reciclado.



Fuente: Ranjob (2019)

Impacto del caucho reciclado en las propiedades del asfalto

Eltwati (2020) afirma que el uso de caucho granulado originados con los desechos de neumáticos influye positivamente en las propiedades del asfalto.

Realizaron pruebas de mezclas asfálticas con diferentes porcentajes de caucho reciclado alcanzando como resultados el incremento significativo del Uso del granulado del Caucho Reciclado para mejorar la resistencia y durabilidad en pavimentos.

El caucho reciclado brinda una resistencia al daño por humedad, el estudio de las propiedades dinámicas da como resultado la aplicación en amortiguación de vibraciones en las construcciones civiles dependiendo del uso y forma de aplicar con los neumáticos desechados dependiendo sólo de partículas triturada (Moussa y Sadrekarimi, 2021).

Los pavimentos forman un problema geotécnico ya que cuando se construye sobre el suelo y con materiales que se podrían obtener de él, sin tratar, como suelos y rocas, y procesados como ligantes hidráulicos y bituminosos; motivo por el cual un marco geotécnico es de gran relevancia para describir sus elementos constitutivos. (Vásquez 2020).

Figura 14

Mezcla de agregados.



Fuente: Vásquez (2020)

Caucho reciclado granular para mejorar las propiedades mecánicas.

Castro (2020) menciona que los estándares de reciclaje de mezclas en frío basadas en emulsión asfáltica han permitido reducir las cargas ambientales atribuidas a los mantenimientos y rehabilitaciones de las vías de asfalto, teniendo como

producción de mezclas bituminosas en frío que tienen como objetivo desarrollar un asfalto más ecológico.

Farfán (2018) afirma que el caucho reciclado se convierte en un maravilloso complemento cuando se usa en mezclas asfálticas a pesar de las pérdidas de resistencia mecánica y ser muy poco resistente a la humedad se optimiza la realización de dicha mezcla con la plasticidad que adquiere el mismo.

Figura 15

Caucho granular.



Fuente: Castro (2018)

2.2 Marco conceptual

Pavimento flexible.

Son aquellas vías cuya estructura total es con flexión para que dependiendo de las cargas que transitan sobre él permita obtener una ductilidad de tráfico. La incorporación de pavimentos flexibles se ejecuta en zonas de mucho tráfico ya sean estas vías, aceras o parqueaderos (Becerra, 2013).

Fono-absorción.

Capacidad para absorber la contaminación auditiva emitida por los altos decibeles que provocan el ruido (Ledermann, 2018).

Caucho reciclado.

Material con propiedades elásticas ecológica, capaces de deformarse considerablemente y regresar a la forma inicial al disiparse la carga a la que está

sometido su principal motivo es su reutilización después del cumplimiento de su vida útil (Ledermann, 2018).

Vía.

Es un trazado que se realiza con las diferentes capas y materiales considerando espesores y niveles de material para tener la estructura que conducirá a los sectores que se establecen (Saravia y Reymundez, 2020).

Mezcla asfáltica fría.

Es la combinación de agregados derivados del petróleo y materiales pétreos que adquieren la propiedad de durabilidad y flexibilidad ya que permite su colocación con agua y en momentos climatológicamente difíciles (Saravia y Reymundez, 2020).

Mezcla asfáltica caliente.

Es la mezcla de agregados derivados del petróleo y materiales pétreos que adquieren la propiedad de durabilidad y flexibilidad teniendo ciertas restricciones en cuanto a su tiempo de colocación y compactación (Saravia y Reymundez, 2020).

Experimentación.

Una experimentación tiene referencia a la investigación de un fenómeno. Al omento de realizar el estudio se van a ir eliminando o añadiendo todas las variables necesarias que de alguna manera tengan influencia en el (Campaña, 2022).

Dosificación.

Es la cantidad especifica que se utiliza para obtener algún experimento o producto que será utilizado para mejorar o replantear lo realizado (Sánchez, 2021).

Decibeles.

El decibel cuyo símbolo es dB, es una unidad que expresa la relación entre dos potencias acústicas o eléctricas, midiendo de esta forma la intensidad y magnitud de los ruidos provocados por ondas (Campaña, 2022).

Fricción.

Es la fuerza de roce o rozamiento esta fuerza existente entre dos superficies que se encuentren en contacto oponiéndose al movimiento, teniendo dirección contraria al movimiento (Sánchez, 2021).

Contaminación auditiva.

Exceso de ruido generado por la motricidad de aparatos a motor, manuales o industriales capaces de generar decibeles extremadamente altos teniendo como posterior resultado la generación de altos impactos ambientales (Rodríguez, 2018).

Durabilidad.

Es la capacidad que tiene un producto para continuar funcionando correctamente sin considerar el desgaste a lo largo de un periodo de tiempo manteniendo sus características físicas y funcionales (Herrera, 2018).

Resistencia.

Facultad de mantener las propiedades físicas y mecánicas de los elementos a evaluar durante ensayos y pruebas (Herrera, 2018).

Mantenimiento.

Son trabajos realizados para mejorar la calidad del uso de algún sitio, producto, servicio teniendo como principal función la reparación integral (Rodríguez, 2018).

Especificaciones.

Son las normas, técnicas y métodos de ejecución de un proyecto o lineamientos a seguir para la correcta realización de dicho tema o trabajo teniendo una determinación de los pasos a seguir (Soto, 2018).

Mitigación.

Son las acciones y medidas que están dirigidas a reducir toda condición de vulnerabilidad o presencia de amenazas del entorno donde se desarrolla, disminuyendo impactos de forma que se puede prevenir y aplacar cualquier evento (Suescún de Roa, 2018).

Propiedades.

Es la facultad de poseer algo que es de suma importancia en comparación a otros ámbitos que se relacionan entre sí o tienen comparación (Borovcnik, 2019).

Adherencia.

Es la propiedad que tienen ciertos elementos o materiales para obtener suficiente unificación en el mezclado entre sí, formando niveles de al momento evaluar a los materiales como conjunto (Borovcnik, 2019).

Capacidades mecánicas.

Son las facultades adquiridas durante un ensayo realizado a cualquier material obteniendo una cierta proyección de las propiedades adquiridas luego de generar dichas capacidades mecánicas (Torres Y Rivera, 2021).

Evaluación.

Es realización de diferentes métodos de estudio con el fin de generar el correcto uso de los materiales y equipos utilizados en las obras donde se requiera una evaluación de las condiciones a trabajar (Torres Y Rivera, 2021).

Ensayos de laboratorios.

Conjunto de métodos utilizados para encontrar un resultado que genera una nueva forma de estudio o métodos de ejecución de la obra dependiendo de las condiciones de los materiales y equipo (Martínez, 2019).

Ruido.

Son ondas acústicas que emiten decibels altos y contaminación ambiental teniendo escalas más comunes en los trabajos de construcciones donde se operan equipos sumamente grandes, generando un malestar entre las personas que lo perciben (Martínez, 2019).

Tecnología

Es el conjunto de conocimientos científicos que sirven para solucionar o satisfacer una necesidad utilizando métodos totalmente innovadores y visionarios (Martínez, 2019).

Innovación

Arte de crear algo en base a una teoría o criterio de experimentación poco reconocido o estudiado teniendo consecuencias favorables para sus próximos estudios (Torres y Rivera 2021).

2.3 Marco legal

2.3.1 Normas vigentes

El presente estudio empieza por tener parámetros establecidos con los niveles jerárquicos de la pirámide de Kelsen teniendo el siguiente orden:

Constitución de la República del Ecuador 2008

Decreto Legislativo 0 Registro Oficial 449 de 20-oct.-2008 Ultima modificación: 01-ago.-2018 Estado: Reformado, En la sección segunda, Ambiente sano, Art. 14.- Se reconoce el derecho de la población a vivir en un ambiente sano y ecológicamente equilibrado, que garantice la sostenibilidad y el Buen Vivir, Sumak Kawsay. Se declara de interés público la preservación del ambiente, la conservación de los ecosistemas, la biodiversidad y la integridad del patrimonio genético del país, la prevención del daño ambiental y la recuperación de los espacios naturales degradados (Constitución de la república del Ecuador 2008).

Título V: Organización territorial de estado

Capítulo primero- principios generales: Artículo 262, se establece que los gobiernos regionales autónomos tienen competencias exclusivas, independiente de otras para: Planificar, construir y mantener el sistema vial de ámbito regional,

El presente capítulo define que las competencias son integrales de los Gad regionales en el tema vial.

Art. 263, los gobiernos provinciales tendrán las competencias exclusivas, para planificar, construir y mantener el sistema vial de ámbito provincial, que no incluya las zonas urbanas.

Este capítulo define que las competencias son integrales de los Gad provinciales en el tema vial menos en los límites urbanos.

Artículos 264 y 267 se determinan las competencias exclusivas de Los gobiernos municipales tendrán las siguientes sin perjuicio de otras que determine la ley a nivel provincial la competencia de la vialidad rural.

Estos capítulos definen que las competencias son integrales de los Gad municipales en el tema vial sin afectar zonas rurales.

Ley de Minería (Art. 1).

Es la que regula el ejercicio de los derechos soberanos del Estado Ecuatoriano, para administrar, controlar y gestionar el sector minero, de conformidad con los principios de sostenibilidad, precaución, prevención y eficiencia. Se expresa además que el Estado podrá delegar su participación en el sector minero, a empresas mixtas mineras en las cuales tenga mayoría accionaria, o a la iniciativa privada para la prospección, exploración y explotación, o el beneficio y refinación, si fuere el caso sobre las competencias y la explotación de los materiales pétreos de las riberas de ríos.

Esta ley trata de realizar la determinación de las competencias asignadas de la explotación de los materiales pétreos de los ríos teniendo la base legal, se establece en la base legal del presente trabajo de investigación principalmente a su relación con la extracción de materiales que tiene que ver con la fabricación de pavimentos rígidos y flexibles.

Normas Técnicas Ecuatorianas

INEN NTE 2515: Producto derivado del petróleo - cemento asfáltico

Esta norma nos da los requisitos para utilización del cemento asfáltico, teniendo en cuenta la temperatura y clasificaciones de la viscosidad del material, teniendo como objetivo la destilación del petróleo.

INEN NTE 2515 – 808 Determinación del punto de inflamación en capa abierta

Cleveland

La Norma describe el método de determinación del punto de inflamación y fuego de los diferentes derivados del petróleo, los puntos de inflamación que se establece para el petróleo están dados en grados.

INEN NTE 2515 – 915 Determinación de la solubilidad en tricloroetileno

La norma describe el método para la determinación de la solubilidad de materiales bituminosos, así como también para materiales asfálticos que tienen poca o nada de material mineral.

INEN NTE 2515 – 916 Determinación de la Ductilidad

Esta norma establece el método para determinar la ductilidad de materiales bituminosos como el ensayo proporciona una medida de las propiedades de tracción de los materiales y tienen como requisito la especificación de los mismos con temperatura y velocidades.

INEN NTE 2515 – 917 Determinación de la penetración

Esta norma establece el método de determinación de la penetración de materiales bituminosos como teniendo un alcance que nos permite cubrir sólidos y semisólidos, la penetración de los materiales bituminosos se evalúa en milímetros.

INEN NTE 923 Gravedad específica del asfalto

Esta norma nos permite determinar en el asfalto gravedades específicas mediante diferentes ensayos establecido por la norma.

INEN NTE 0695 Muestreo del agregado

Esta norma establece los procedimientos para obtener muestras de áridos, finos y gruesos con el propósito de investigaciones preliminares para la fuente potencial de abastecimiento y control del producto, en el sitio de utilización y aceptación o rechazo de materiales.

INEN NTE 696 y 697 Ensayos granulométricos

Esta norma establece el método de ensayo para determinar lavado el árido, la cantidad de material que pasa por el tamiz con las diferentes aberturas teniendo como principal herramienta para la separación de los materiales.

INEN NTE 0860 Ensayos de Abrasión.

Esta norma hoy establece el método de ensayo para obtener el valor de la degradación del árido grueso como gravas, piedras trituradas y naturaleza, mediante la pérdida de masa por desgaste e impacto al utilizar la máquina de Los Ángeles.

INEN NTE 0858 Determinación de la masa unitaria en agregado.

Establece los métodos de ensayo para obtener la masa unitaria o peso volumétrico del árido coma en condición de compactación o sueltos y calcular los vacíos entre las partículas de los materiales finos y gruesos, el ensayo es aplicable a los áridos que no exceden de un tamaño máximo nominal de 125 mm.

INEN NTE 0857 Determinación del peso específico en agregado grueso.

Esta norma establece el método de ensayo para determinar la densidad relativa o gravedad específica y la absorción del árido grueso, se aplica para la determinación de la densidad promedio en una muestra de árido sin incluir el volumen de vacíos entre partículas y la absorción del árido.

INEN NTE 0856 Determinación del peso específico en agregado fino.

Esta norma determina el método de ensayo para obtener la densidad y absorción del árido fino, se utiliza para densidades de proporciones sólidas, Este método de ensayo no es aplicable para ser utilizado con áridos livianos.

NTE INEN-ISO 16039: Construcción de carreteras y mantenimiento de equipo

Esta norma permite establecer la definición, terminología y el contenido de las especificaciones para maquinarias móviles, especificando la configuración general de las máquinas y el equipo especial en función de los trabajos a ejecutar, permite establecer el mantenimiento de equipos para preservar su vida útil a lo largo de la ejecución de la obra.

NTE INEN-ISO 15143-1 Maquinaria para movimiento de tierras y máquinas móviles de construcción de carreteras

Esta norma determina los equipos y maquinarias que son utilizados para los movimientos de Tierra y construcción de carreteras, especificando los tiempos de ejecuciones que permiten las construcciones de vías u obras de ingeniería.

NTE INEN 2060:2009 Productos derivados del petróleo. Cementos asfálticos

Esta norma establece requisitos que deben cumplir los cementos asfálticos derivados del petróleo, utilizado como materiales para pavimentación y de usos industriales, los asfaltos se los establece como materiales aglomerados sólidos o semisólidos, de color variado de negro oscuro y se mezclan gradualmente al calentarse.

NTE INEN 2061:2009 Productos derivados del petróleo. Asfaltos diluidos.

Requisitos

Esta norma nos indica lo que tiene que cumplir los asfaltos derivados adquiridos de la mezcla de productos que se derivan de la refinación del petróleo, el asfalto producto del petróleo lo considera como un residuo obtenido de la destilación de la unidad de vacío.

NTE INEN 2062:2009 Productos derivados del petróleo. Emulsiones asfálticas catiónicas.

La norma establece los parámetros a cumplir con las emulsiones asfálticas catiónicas, teniendo como alcance las emulsiones utilizadas en la construcción y en el mantenimiento de carreteras, las emulsiones asfálticas tienen un sistema heterogéneo de 2 fases con agua y por glóbulos micrométricos de asfalto.

Norma nevi-12

Volumen 3: Especificaciones generales para la construcción de caminos y puentes

Este volumen nos indica las especificaciones para la construcción de caminos y puentes de manera general con el proceso constructivo que será utilizado en la ejecución del proyecto.

Especificaciones técnicas del ministerio de transporte y obras publicas

SECCION 405 Capas de Rodadura IV-77

Las especificaciones consisten en el suministro y distribución de material bituminoso, con aplicación de asfalto diluido de curado medio, En la aplicación del riego de imprimación está inmersa la limpieza de la superficie de manera ágil y rápida antes de dicho riego bituminoso. Comprenderá el suministro y distribución uniforme de una delgada capa de arena secante, si el Fiscalizador lo considera necesario, para absorber todo lo excedente en la aplicación del asfalto, y proteger el riego bituminoso a fin de permitir la circulación de vehículos o maquinaria, antes de colocar la capa de rodadura.

SECCION 811 Agregados para Hormigón Asfáltico VIII-94

Art. 386.- El sistema comprenderá programas, políticas, recursos, acciones, e incorporará a instituciones del Estado, universidades y escuelas politécnicas, institutos de investigación públicos y particulares, empresas públicas y privadas, organismos no gubernamentales y personas naturales o jurídicas, en tanto realizan actividades de investigación, desarrollo tecnológico, innovación y aquellas ligadas a los saberes ancestrales.

Todos los sistemas beneficiarían a las principales instituciones sean públicas o privadas para desarrollar actividades de investigación con métodos ancestrales que colaborarían para la formación de asfaltos.

CAPITULO 3: METODOLOGIA Y ANALISIS DE RESULTADO

3.1 Metodología

Jiménez y Pérez (2017) afirman que este proceso constructivo utiliza la metodología deductiva en la cual la investigación tiene como finalidad encontrar principios desconocidos a partir de lo que se conoce, teniendo el pavimento flexible (asfalto) evaluando el comportamiento al agregar los diferentes porcentajes de caucho reciclado incorporados de los procesos de pulverización de las llantas a la mezcla asfáltica.

Teniendo el caucho reciclado como el agregado fino que será evaluado en los diferentes niveles de granulometría luego de pasar procesos de pulverización o triturado se reducirá los niveles de ruido y se reducirá la intensidad de los mantenimientos.

Figura 16

Caucho triturado



Fuente: Cauchos Dinámicos (2022)

3.2 Enfoque de la investigación

Iñiguez (2017) afirma que la investigación cuantitativa se trata de recolectar la mayor cantidad de información numérica, Mediante la estructura de la presente

investigación, el estudio se lo puede clasificar como un enfoque cuantitativo, ya que se establece en la aplicación de ensayos de laboratorios aplicado a muestras de briquetas o de ensayo asfáltico teniendo diferente granulometría.

De tal forma que será bajo las informaciones y datos del caucho reciclado, como los antecedentes y hechos verdaderos, por las primeras opiniones de los profesionales para su aplicación en la mezcla asfáltica para pavimento flexible, en los datos numéricos que arrojarán los ensayos, tales como: adherencia al asfalto, su porcentaje de agregado, que describirán el comportamiento mecánico y físico del asfalto con caucho versus el asfalto tradicional.

3.3 Alcance de la investigación

Evaluar la incidencia del pavimento flexible con la incorporación de caucho reciclado a diferentes granulometrías para determinar el grado de fono-absorción que adquiere en los porcentajes adecuados de mezcla asfáltica con el caucho como aglomerado, teniendo como enmarcado la investigación experimental de las propiedades adquiridas con la utilización de dicho material comprobando la cantidad de vacíos en la mezcla teniendo en consideración los porcentajes de flujos y estabilidad.

Figura 17

Mezcla en seco de los agregados con el caucho reciclado



Elaborado por: Mora (2022)

3.4 Tipo de investigación

Castro (2020) afirma que un estudio Experimental es el encargado de examinar objetos o grupos de sujetos en varias circunstancias o tratamientos teniendo las

La selección del instrumento de investigación más idónea depende del problema que se desea resolver y de las metas trazadas, por tal motivo esta elección resulta ser un determinante a la hora de tener las técnicas de investigación con procesos y técnicas.

Se ejecutarán los respectivos ensayos donde tendremos lo siguientes estudios

- ✓ Diagramas de diseño
- ✓ Determinación de la relativa máxima del agregado
- ✓ Ensayo de estabilidad y flujo del hormigón asfáltico
- ✓ Determinación del peso unitario
- ✓ Determinación del peso específico
- ✓ Ensayo de granulometría
- ✓ Ensayo de abrasión
- ✓ Marshall de asfalto

3.6 Técnicas de la investigación

La técnica es el experimento que considera los Equipos de laboratorios para los ensayos utilizados son los siguientes:

- ✓ Prensa Estabilidad Marshall.
- ✓ Tamices
1" - 3/4" - 1/2" - 3/8"
#4 - #8 - #50 - #200
- ✓ Moldes metálicos
- ✓ Un sujetador de molde.
- ✓ Balanza de precisión.
- ✓ Martillo cabeza plana
- ✓ Hornos.
- ✓ Bandejas.
- ✓ Brocha.

Figura 19

Herramientas utilizadas, tamices y brocha



Elaborado por: Mora (2022)

Las pruebas de la presente investigación se realizaron en las instalaciones de los laboratorios de la prefectura de los Ríos y universidad Estatal de Guayaquil., pues cuentan con los equipos e instrumentos para llevar a cabo el experimento propuesto.

Con la recopilación de los agregados que se utilizaron son los siguientes

✓ Material $\frac{3}{4}$ ----- Material pasante $\frac{3}{8}$ ----- Arena

Se lo recolecto dicho material de la planta de asfalto de la empresa Pública de Envialrios perteneciente a la prefectura de los ríos con ubicación en la ciudad de Quevedo donde se puede observar el material pasando por la banda transportadora.

Figura 20

Material $\frac{3}{4}$ - material pasante $\frac{3}{8}$ – arena



Elaborado por: Mora (2022)

✓ Rc250

Se lo recolecto de la planta de asfalto de la empresa Pública de Envialrios perteneciente a la prefectura de los ríos con ubicación en la ciudad de Quevedo la cantidad de Rc250 (brea asfáltica) para realizar la mezcla teniendo una viscosidad densa y pegajosa.

Figura 21

Rc250



Elaborado por: Mora (2022)

✓ Caucho reciclado

Se procedió a la compra del saco de caucho reciclado por un valor de 23 dólares el mismo que es utilizado en las canchas sintéticas para amortiguación del impacto del diseño de dicho césped, de esta manera se obtuvo el agregado del caucho procedente de las llantas en la empresa Cardacio ubicada en la ciudad de Guayaquil la cual se dedica a la trituración de las llantas recicladas para mitigar el impacto del medio ambiente obteniendo las partículas de caucho que serán utilizados junto con la mezcla tradicional de asfalto .

Figura 22

Caucho reciclado



Elaborado por: Mora (2022)

En la primera imagen muestra el inicio de los ensayos en el laboratorio teniendo los Pesos de los materiales antes de realizar las briquetas como primer paso para determinar las dosificaciones para de esta forma determinar los pesos de los diferentes agregados y en la imagen de la derecha observamos el peso de los agregados fino y gruesos mezclados con el caucho reciclado.

Figura 23

Peso de los materiales



Elaborado por: Mora (2022)

A continuación, se realizó la preparación de la mezcla asfáltica en caliente mediante horno a 220 grados como se puede observar en la imagen de la izquierda se la realizo a 160 grados teniendo una cocineta donde se está preparando la mezcla en alta temperatura con las dosificaciones de los agregados y el ligante rc250 teniendo valores de 4.5% a 5% de la mezcla total, previo a la elaboración de las briquetas, en la imagen de la derecha se puede observar la mezcla en caliente pudiendo visualizar la forma de mezclado de todo los elementos de la mezcla asfáltica.

Figura 24

Elaboración de la mezcla asfáltica



Elaborado por: Mora (2022)

Se realizó el método Marshall siendo un experimento de laboratorio dirigido al diseño de una adecuada mezcla asfáltica analizando su estabilidad, flujo, densidad y vacíos. La fabricación de las briquetas de la mezcla asfáltica con caucho reciclado en la imagen de la izquierda se muestran la colocación de briqueta hecha en la máquina para tener los golpes según las especificaciones, mientras que en la imagen de la derecha se muestra la briqueta en la máquina usando la especificación de 3 capas de la mezcla dando 25 golpes por capa en total 75 golpes, Una de las virtudes del método Marshall es la importancia que se le asigna a las propiedades densidad/vacíos del material asfáltico.

Figura 25

Fabricación de las briquetas



Elaborado por: Mora (2022)

Luego de tener las briquetas de asfalto con caucho reciclado de 10 cm de altura se procedió al pesado de las mismas en una balanza para obtener su densidad como se puede observar en la imagen de la izquierda, en la imagen de la derecha se evidencia que las briquetas realizadas presentan la porosidad como característica que existe en las muestras con caucho reciclado.

Figura 26

Toma de pesos para densidades



Elaborado por: Mora (2022)

Se procedió a la colocación de las briquetas en una bandeja conocida como el baño de María para que estén en la temperatura adecuada 80 grados durante 30 a 40 minutos antes del ensayo de Marshall cuyo procedimiento que debe seguirse para la determinación de la resistencia a la deformación plástica de mezclas asfálticas.

Figura 27

Muestras en baño María



Elaborado por: Mora (2022)

Se realizó la respectiva colocación de la briqueta en el molde de manera horizontal para el ensayo Marshall obteniendo valores que nos permitan ver la estabilidad, flujo de la mezcla asfáltica con caucho reciclado y tener un criterio sobre los valores de diseño del pavimento flexible.

Figura 28

Briquetas en molde de ensayo Marshall



Elaborado por: Mora (2022)

Se realizó el Ensayo de Marshall para obtener los resultados estabilidad y flujo nos sirvió para verificar el diseño previamente seleccionado que este dentro de las especificaciones del MTOP.

Figura 29

Ensayo Marshall



Elaborado: Mora (2022)

3.7 Operacionalización de las variables

Tabla 2: Operacionalización de las Variables Independientes

<u>Variable</u>	<u>Definición</u>	<u>Dimensión</u>	<u>Indicadores</u>	<u>Instrumento</u>
	Material con propiedades elásticas ecológica, capaces de	Característica mecánica	Estabilidad	a1, a2
			Flujo	b1,b2

Caucho reciclado	deformarse considerablemente y regresar a la forma inicial al disiparse la carga a la que está sometido su principal motivo es su reutilización después del cumplimiento de su vida útil	Característica física	Vacíos	c1,c2
------------------	--	-----------------------	--------	-------

Nota: La Operacionalización de las variables independientes considera el enfoque cuantitativo y cualitativo de la investigación.

Elaborado por: Mora (202).

Tabla 3:

Operacionalización de la Variable Dependiente

<u>Variable</u>	<u>Definición</u>	<u>Dimensión</u>	<u>Indicadores</u>	<u>Instrumento</u>
	Son aquellas vías cuya estructura total es con flexión para que dependiendo	Característica física	Resistencia	1f,2f

Pavimento Flexible fono- absorción	de las cargas que transitan sobre él permita obtener una ductilidad de tránsito con Capacidad para absorber la contaminación auditiva emitida por los altos decibeles que provocan el ruido	Característica mecánica	decibeles	1g,2g
---------------------------------------	---	-------------------------	-----------	-------

Nota: La Operacionalización de la variable dependiente considera el enfoque cuantitativo y cualitativo de la investigación.

Elaborado por: Mora (2022).

3.8 Ensayos de investigación con resultados

Se procedió a realizar los ensayos para obtener el diseño de una mezcla tradicional de pavimento flexible como primer paso para la determinación de las propiedades de obtener un asfalto con caucho reciclado, la experimentación tuvo lugar en los laboratorios de la Prefectura de los Ríos y Universidad Estatal de Guayaquil, en los ensayos se incluyó el caucho reciclado en porcentajes de 5% – 2% – 1% de caucho reciclado teniendo los siguientes materiales como primera etapa de las muestras:

- ✓ Material $\frac{3}{4}$
- ✓ Material pasante 3/8
- ✓ Arena
- ✓ Rc250

Los ensayos realizados fueron los siguientes

1.- Ensayo Abrasión de los Ángeles

La Máquina de Abrasión Los Ángeles nos sirvió para la determinación de resistencia de agregados a fragmentación generando un desgaste de los materiales, el termino abrasión es la acción mecánica de roce de dos superficies la una contra la otra teniendo la erosión y desgaste de ambas superficies.

Tabla 4:

Ensayo de la abrasión de los ángeles

MUESTRA: # 1 y 2 ripio 3/4" y 3/8".	FECHA: 20 – sep – 2022	
PLANTA: LA ESPERANZA - EL VERGEL	MUESTRA: Ripio	
Muestra	1	2
Peso muestra antes del ensayo	5000	5000
Peso muestra después del ensayo ret # 12	3452,5	3458,2
Peso muestra pasa # 12	1358,5	1428,7
% desgaste	27,17	28,57
Promedio	27,9	
Máximo desgaste de agregados para hormigón asfáltico 40%, cumple especificación		

Elaborado por: Mora (2022)

Con lo expuesto en la tabla se considera que está enmarcado en los rangos de porcentaje del desgaste del agregado siendo 27,9 % como promedio de estudio para la determinación de su desgaste en varios materiales.

2.- Ensayo del Peso Unitario

Este ensayo determino el peso con densidad total como el resultado de dividir la masa de un agregado en estado seco (se determina niveles de consolidación o compactación) y el volumen de vacíos entre partículas.

Tabla 5:

Ensayo peso unitario 3/4

PESO UNITARIO AGREGADO GRUESO 3/4				
Material que pasa tamiz 2" y es retenido en el # 4		muestra 1	muestra 2	muestra 3
A Peso del material (gm)		14313,1	14212,2	14280,1
B Volumen del recipiente (cm3)		9796	9796	9796
Peso unitario A/B		1,461	1,451	1,458
Promedio			1,457	

Elaborado por: Mora (2022)

Tabla 6:

Ensayo peso unitario 3/8

PESO UNITARIO AGREGADO GRUESO 3/8				
Material que pasa tamiz 2" y es retenido en el # 4		muestra 1	muestra 2	muestra 3
A Peso del material (gm)		14785,2	14778,1	14875,1
B Volumen del recipiente (cm3)		9796	9796	9796
Peso unitario A/B		1,509	1,509	1,518

Promedio					1,51	
					2	

Elaborado por: Mora (2022)

Tabla 7:

Ensayo peso unitario arena

PESO UNITARIO AGREGADO FINO						
Material que pasa el tamiz # 4 y es ret. en el integral		muestra 1	muestra 2	muestra 3		
A	Peso en el aire de la muestra (gm)	5040,1	5015,1	4992,2		
B	Volumen del recipiente (cm3)	2968	2968	2968		
Peso unitario A/B		1,698	1,690	1,682		
Promedio					1,690	

Elaborado por: Mora (2022)

3.- Ensayo de peso específico

El ensayo determino la densidad y peso específico tomando diferentes mediciones con instrumentos de precisión en laboratorio de las dimensiones de las probetas de diferentes materiales mojando y luego pesando en seco el material.

Tabla 8:

Ensayo peso específico grueso

PESO ESPECIFICO - AGREGADO GRUESO			
Material que pasa el tamiz 2" y es retenido en el # 4	$\frac{3}{4}$ "		$\frac{3}{8}$ "

A Peso en el aire de la muestra secada al horno	6034,5		5937,5
B Peso en el aire de la muestra saturada sup. Seca	6219,4		6173,2
C Peso en el agua de la muestra saturada	3992,6		3861,9
Peso específico aparente $A/(B-C)$	2,710		2,569
Peso específico de S.S.S $B/(B-C)$	2,793		2,671
Peso específico nominal $A/(A-C)$	2,955		2,861
% de absorción $(B-A) /A$	3,064		3,970

Elaborado por: Mora (2022)

Tabla 9:

Ensayo peso específico fino

PESO ESPECIFICO DE AGREGADO FINO	
Material que pasa el tamiz # 4 y es retenido en el integral	Arena
A Peso aire muestra seca	242,6
B Peso picnómetro aforado lleno de agua	348,1
C Peso picnómetro aforado con muestra y agua	482,4
S Peso muestra saturada con superficie seca	250
Peso específico aparente	2,097
Peso específico aparente (S.S.S)	2,161
Peso específico nominal	2,240
% Absorción	3,050

Elaborado por: Mora (2022)

4.- Ensayo de la granulometría

Este ensayo se basó en un análisis granulométrico del agregado por medio del cual se pueda separar las partículas del agregado según tamaños, de tal manera que se puedan conocer las cantidades, el tamaño que aporta el peso total de la muestra.

Tabla 10:

Ensayo de granulometría

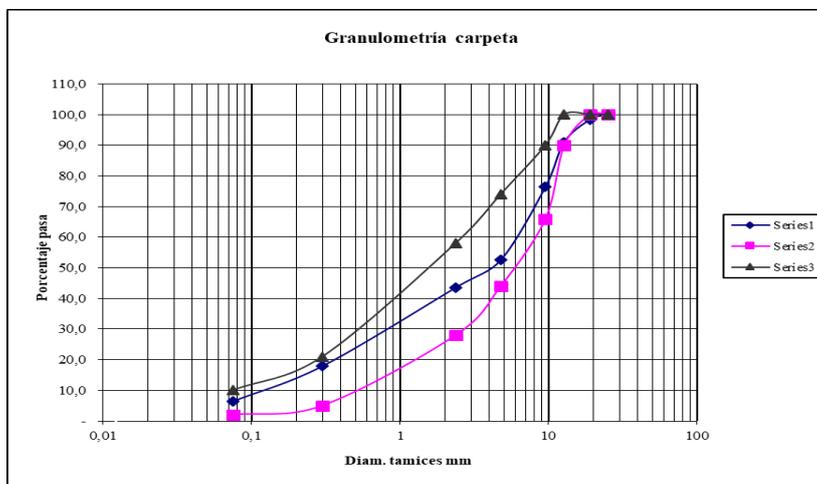
MUESTRA: LA ESPERANZA EL VERGEL			FECHA: 20 – sep – 2022		
SECTOR: VALENCIA					
	$\frac{3}{4}$	$\frac{3}{8}$	Arena		
% cada tolva	16,7	30,5	52,87	100,00	
	% pasa # 1	% pasa # 2	% pasa 3	% Pasa Total	% ESPECIF
TAMI Z	29 0	53 0	920	1740	
1" (25,0 mm)	16,67	30,46	52,87	100, 0	-
3/4" (19.0 mm)	15,03	30,46	52,87	98,4	10 0
1/2" (12.7 mm)	8,01	30,18	52,87	91,1	90-100
3/8" (9.5 mm)	3,78	19,79	52,87	76,4	-
# 4 (4.75 mm)	0,19	2,98	49,39	52,6	44-74

# 8 (2.36 mm)	0,00	1,21	42,36	43,6	28-58
# 50 (0.30 mm)	0,00	0,18	17,80	18,0	5-21
# 200 (.075 mm)	0,00	0,00	6,48	6,5	2-10

Elaborado por: Mora (2022)

Figura 30

Curva Granulométrica



Elaborado por: Mora (2022)

El gráfico nos muestra las curvas de granulometría que nos permiten evaluar los diferentes materiales por sus proporciones, en las cuales se encuentran en el rango establecido para el diseño de un pavimento flexible, el pavimento flexible tomando en cuenta las curvas de granulometría nos muestra los lineamientos que se deberá seguir para tener diseños más estables de los diferentes componentes del pavimento asfáltico.

Figura 31

Muestra de briquetas

SOLICITA:										FECHA: 20 – septiembre – 2022										
SECTOR:																				
CONSTRUCTOR:																				
Gagr.		2,314																		
Fecha	% asfalto	Espesor Briqueta	Peso briqueta en gm			Peso específico			Asfalto	Volumen % Total			Vacios en	%	Peso	Estabilidad	Flujo		Factor	
			Seca En aire	S.S.S en Aire	En agua	"Bulk"	Máximo Teórico	Máximo Medido	Absorbido %	Agregados	Vacios con Aire	Asfalto Efectivo	Agregados Minerales	Asfalto Efectivo	Unitario lb/pie3	Medida	Corregida	0,01"		
A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O	P	Q	R	S		
						=d/e-f			$=(i-h)*10^4$	$(100-b)*g$	$(1-g/i)*100$	$100-k-l$	$100-k$	$=b-j/(100-b)$	62,4*g					
									$i*h/(100-b)$	Gagr.				100						
22-sep-22	5,5	6,4	1110,1	1111,5	596,2	2,154										2085	2043,3	8,42	0,98	
		6,5	1118,3	1120,6	601,1	2,153										2115	2030,4	8,33	0,96	
		6,4	1115,4	1115,6	598,7	2,158										2165	2121,7	8,44	0,98	
	6						2,155	2,161	2,319	3,35	88,0	7,087	4,892	12,0	2,335	134,47		2065,1	8,40	
		6,7	1164	1166,3	633	2,183											2450	2229,5	9,49	0,91
		5,6	985,5	986,9	535,2	2,182											2227	2716,9	9,87	1,22
	6,5	5,9	1058,9	1059,9	575,2	2,185											2385	2695,1	10,1	1,13
							2,183	2,148	2,252	2,30	88,7	3,071	8,233	11,3	3,843	136,22		2547,2	9,82	
		6,5	1170,2	1170,8	635,5	2,186											2415	2318,4	11,32	0,96
	7	6,3	1098,5	1099,8	598,8	2,193											2421	2469,4	11,27	1,02
		6,5	1175,4	1177,5	642,2	2,196											2406	2309,8	12,1	0,96
							2,191	2,135	2,243	2,42	88,6	2,307	9,127	11,4	4,242	136,75		2365,9	11,56	
	6,0	1060,6	1060,8	575,2	2,184											2185	2381,7	13,11	1,09	
	6,0	1065,6	1066,2	577,6	2,181											2154	2347,9	13,23	1,09	
	6,2	1068,5	1068,8	580,2	2,187											2145	2230,8	13,47	1,04	
						2,184	2,122	2,235	2,55	87,8	2,277	9,932	12,2	4,631	136,28		2320,1	13,27		

Elaborado por: Mora (2022)

Tabla 11

Ensayos de briquetas

Vacíos en Agregados Minerales	% Asfalto Efectivo	Peso Unitario lb/pie ³	Estabilidad		Flujo 0,01"	Factor
			Medida	Corregida		
N	O	P	Q	R	S	
100-k	=b-	62,4*g				
	j(100-b)					
	100					
12,0	2,335	134,47	2085	2043,3	8,42	0,98
			2115	2030,4	8,33	0,96
			2165	2121,7	8,44	0,98
			2450	2229,5	9,49	0,91
			2227	2716,9	9,87	1,22
			2385	2695,1	10,1	1,13
11,3	3,843	136,22	2415	2318,4	11,32	0,96
			2421	2469,4	11,27	1,02
			2406	2309,8	12,1	0,96
			2185	2381,7	13,11	1,09
11,4	4,242	136,75	2154	2347,9	13,23	1,09
			2145	2230,8	13,47	1,04
			2365,9	11,56		
12,2	4,631	136,28	2320,1	13,27		

ESPECIFICACIONES:

Estabilidad mínima = 1.800 lb
 Flujo (0.01 plg.) = 8-14
 % vacíos = 3-5

Elaborado por: Mora (2022)

Se realizo los ensayos obteniendo el porcentaje de vacíos y la estabilidad de flujo para determinar un criterio de diseño del asfalto teniendo valores de diseño en el rango permitidos por las leyes de construcción de caminos en el Ecuador.

6.- Determinación de densidades

El ensayo de densidades se usó para calcular el porcentaje de vacíos de aire compactado. Este cálculo se procedió con el diseño de mezcla para la determinación de la densidad máxima teórica y vacíos de aire en el lugar.

Tabla 12:

Determinación Rice Gmm

% Asfalto	5,5	6	6,5	7
D Peso frasco+agua a 25°C	7406,5	7406,5	7406,5	7406,5
Peso frasco	2903,2	2903,2	2903,2	2903,2
Peso muestra + frasco	4010,2	4537,6	4037,6	3958,5
A Peso muestra	1107	1634,4	1134,4	1055,3
E Peso muestra +frasco+agua a 25°C	8036,2	8315,2	8035,2	7989,6
Gmm = A/A-(E-D)	2,319	2,252	2,243	2,235

Elaborado por: Mora (2022)

7.- Diagramas de vacíos, estabilidad y flujo

El Ensayo realizado permitió registrar valores de porcentaje de asfalto, vacíos, estabilidad y flujo obteniendo estándares adecuados para la elaboración del asfalto.

Tabla 13:

Diagramas de vacíos, estabilidad y Flujo

% asfalto	Densidad bulk	% vacíos	Estabilidad	% Vacíos Agregados	Flujo
5,5	2,155	7,087	2065,1	12,0	8,40
6	2,183	3,071	2547,2	11,3	9,82
6,5	2,191	2,307	2365,9	11,43	11,56
7	2,184	2,277	2320,1	12,2	13,27

Elaborado por: Mora (2022)

3.9 Ensayo de investigación con material reciclado

Se realizó los ensayos con la incorporación del caucho reciclado a la mezcla tradicional de asfáltica, como método de innovación de materiales de construcción ya que el caucho posee características de fono-absorción y porosidad, la incorporación se la ejecuto teniendo una dosificación entre agregados de la siguiente manera.

Tabla 14:

Dosificación de mezcla asfáltica

DOSIFICACIONES PARA MEZCLA ASFÁLTICA			
Tradicional	Incorporando caucho reciclado		
Material $\frac{3}{4}$ 17 %	Material $\frac{3}{4}$ 17 %	Material $\frac{3}{4}$ 17 %	Material $\frac{3}{4}$ 17 %
Material pasante 3/8 30%	Material pasante 3/8 30%	Material pasante 3/8 30%	Material pasante 3/8 30%
Arena fina 53 %	Arena fina 48 %	Arena fina 51 %	Arena fina 52 %
	Caucho reciclado 5%	Caucho reciclado 2%	Caucho reciclado 1%

Elaborado por: Mora (2022)

Se realizó la distribución de los porcentajes de caucho reciclado de acuerdo con la primera experimentación con el 5% de caucho reciclado obteniendo valores bajos permitiendo decidir los rangos de diseño por tal motivo se procedió a realizar de manera descendente los valores del porcentaje con la incorporación del caucho.

Figura 32

Incorporacion del 5 % de caucho reciclado

PROPIEDADES DE LA MEZCLA ASFALTICA																
Uso:	Carpeta Asfáltica				Constante anillo No.	3,413		Gravedad espec. Ag.	2,439		Estabilidad	2510,9				
Sector:					Nº de golpes	75		Rice:	2,250		Flujo:	10,2				
Fecha:	Octubre 2022				Gravedad especifica C.A.				Dosificación % C.A.	6,10%		% de Vacios:	2,92			
								Absorción:								
Porcentajes del material del diseño: 3/4" 17% ; 3/8" 30% ; Arena 53%																
Briquet. No.	Factor Correc.	Peso (Gramos)			Volum. cm3	DENSIDAD		Volumen % del total			% V.A.M	% C.A Efectivo	Estabilidad (Lbs)			Flujo
		Aire	Satura.	Agua		BULK	RICE	Asfalto	Aridos	Vacios			DIAL	Medida	Corregida	
Mezcla:												FECHA:	12/10/2022			
48% de arena y 5% de caucho reciclado	0,73	1157,5	1158,1	586,2	571,9	2,024							288	983	718	4,9
	0,74	1159,9	1160,6	594,1	566,5	2,047							275	939	695	4,7
	0,83	1172,2	1173	597,5	575,4	2,037							264	901	748	4,5
						2,036	2,250	12,77	77,72	9,51	22,28	6,05			720	4,7

Elaborado por: Mora (2022)

Figura 33

Incorporación del 2% de caucho reciclado

PROPIEDADES DE LA MEZCLA ASFALTICA																	
Uso:	Carpeta Asfáltica			Constante anillo No.	3,413		Gravedad espec. Ag.	2,439		Estabilidad	2510,9						
Sector:				Nº de golpes	75		Rice:	2,250		Flujo:	10,2						
Fecha:	Octubre 2022						Dosificación % C.A.	6,10%		% de Vacíos:	2,92						
				Gravedad especifica C.A.			Absorción:										
							Porcentajes del material del diseño: 3/4" 17% ; 3/8" 30% ; Arena 53%										
Briquet. No.	Factor Correc.	Peso (Gramos)			Volum. cm3	DENSIDAD		Volumen %del total			% V.A.M	%C.A Efectivo	Estabilidad (Lbs)			Flujo	
		Aire	Satura.	Agua		BULK	RICE	Asfalto	Áridos	Vacios		Efectivo	DIAL	Medida	Corregida		
Mezcla:												FECHA:	18/10/2022				
51% de arena y 2% de caucho reciclado	1,00	1176,3	1177,2	641,3	535,9	2,195							447	1526	1526	6,1	
	1,00	1179,2	1180	647,6	532,4	2,215							452	1543	1543	6,0	
	1,00	1174,2	1176	659,1	517,1	2,271							478	1631	1631	6,8	
						2,227	2,250	13,96	85,00	1,04	15,00	6,05			1567	6,3	

Elaborado por: Mora (2022)

Figura 34

Incorporación del 1% de caucho reciclado

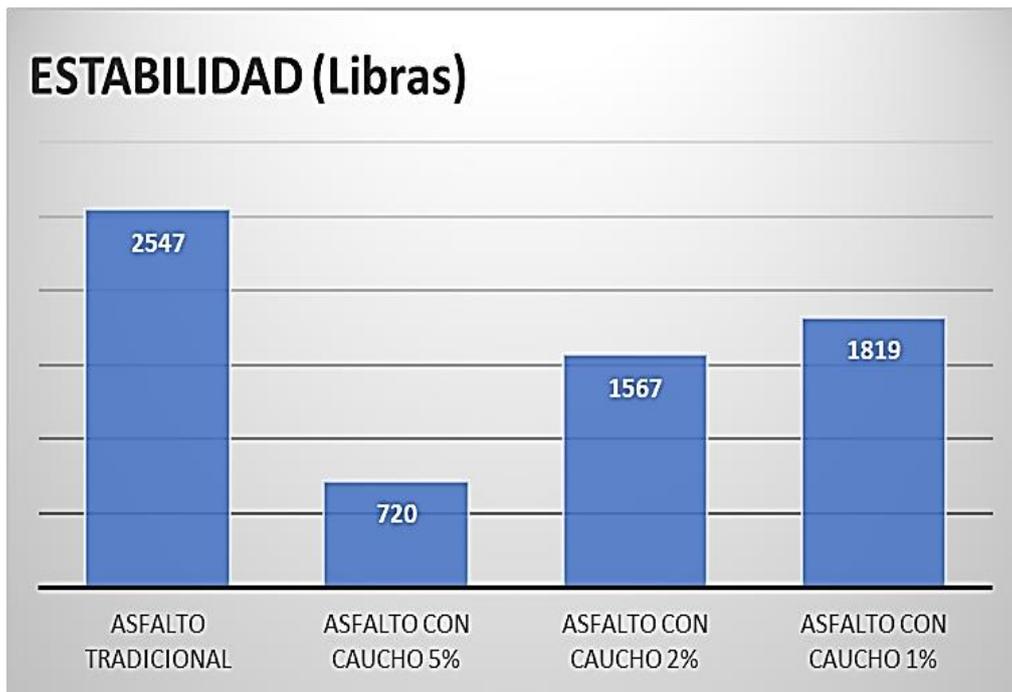
PROPIEDADES DE LA MEZCLA ASFALTICA																
Uso:	Carpeta Asfáltica				Constante anillo No.	3,413		Gravedad espec. Ag.	2,439		Estabilidad	2510,9				
Sector:					Nº de golpes	75		Rice:	2,250		Flujo:	10,2				
Fecha:	Octubre 2022							Dosificación % C.A.	6,10%		% de Vacios:	2,92				
					Gravedad especifica C.A.			Absorción:			Porcentajes del material del diseño: 3/4" 17% ; 3/8" 30% ; Arena 53%					
Briquet. No.	Factor Correc.	Peso (Gramos)			Volum. cm3	DENSIDAD		Volumen % del total			% V.A.M	% C.A Efectivo	Estabilidad (Lbs)			Flujo
		Aire	Satura.	Agua		BULK	RICE	Asfalto	Aridos	Vacios			DIAL	Medida	Corregida	
Mezcla:												FECHA:	28/10/2022			
52% de arena y 1% de caucho reciclado	1,09	1170,4	1174,2	654,6	519,6	2,253							504	1720	1875	7,5
	1,04	1168,2	1174	651,7	522,3	2,237							498	1700	1768	7,8
	1,04	1172,5	1179	651,6	527,2	2,224							511	1744	1814	6,9
						2,238	2,250	14,03	85,41	0,55	14,59	6,05			1819	7,4
								ESPECIFICACIONES:							> 1800	8 - 14

Elaborado por: Mora (2022)

Luego que se obtuvieron los resultados de Estabilidad, Flujo y porcentaje de vacíos de los ensayos de asfalto con caucho reciclado de diferentes porcentajes 5% - 2% - 1% como agregado obteniendo los siguientes gráficos para comparación de dichos factores como método de criterio para diseño de asfalto.

Figura 35

Diagrama de barras de Estabilidad

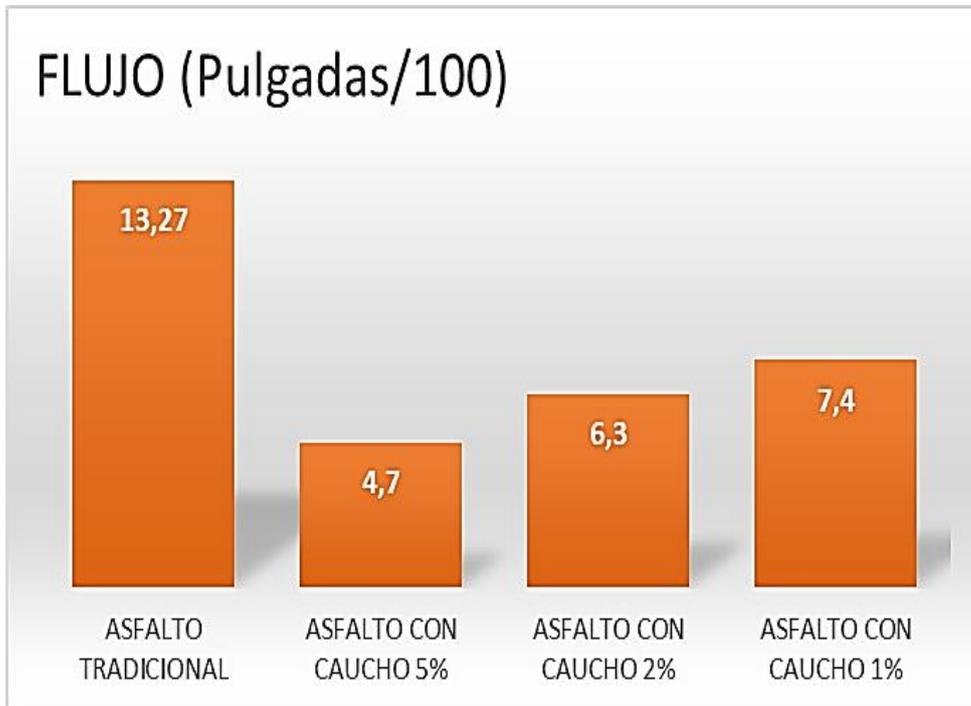


Elaborado por: Mora (2022)

En el gráfico de estabilidad se puede observar un valor alto de estabilidad en el asfalto tradicional mientras que en el porcentaje de caucho reciclado con el 1% se muestra valor más aceptable en comparación con el 5% y 2% dando como criterio que con el menor porcentaje tenemos mayor estabilidad entre agregados.

Figura 36

Diagrama de Barras de Flujo

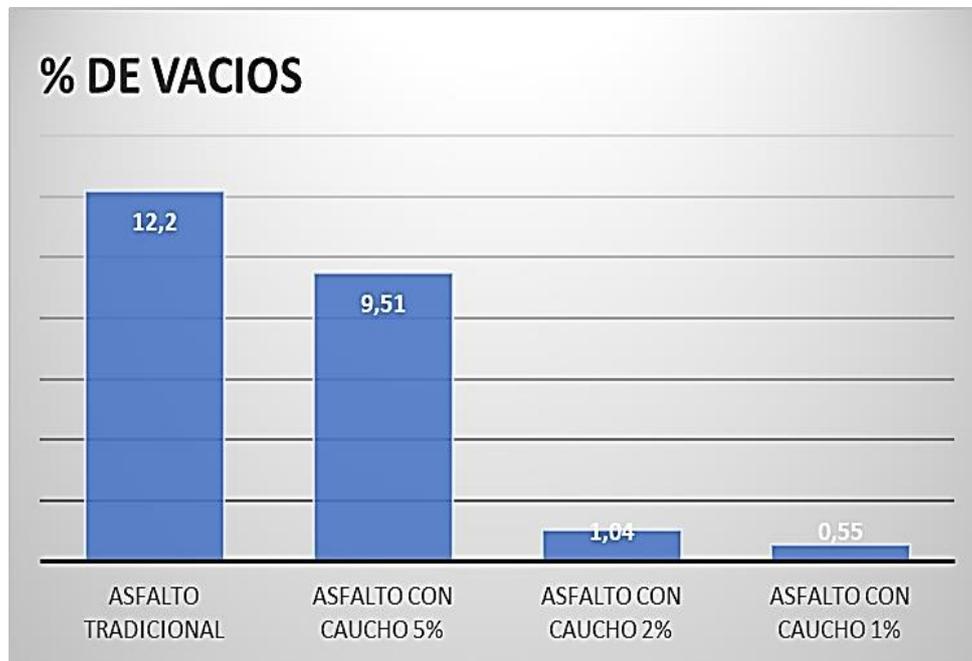


Elaborado por: Mora (2022)

En el grafico donde se midió el flujo se observó la misma secuencia en comparación con la estabilidad en el asfalto tradicional teniendo valores aceptables con el 1% de caucho recalado versus el 5% y 2% dichos valores son considerados en una tabla de diseño de pavimentos para tráficos definidos de circulación.

Figura 37

Diagrama de Barras Vacíos



Elaborado por: Mora (2022)

En este grafico se pudo observar una tendencia variada en comparación a los de estabilidad y flujo ya que el porcentaje de vacíos se puede evidenciar entre el asfalto tradicional y el 5% con caucho reciclado presentándose mayor intensidad entre los valores en el 5% versus el 2% y el 1%.

CAPITULO 4: PROPUESTA DE SOLUCION O INFORME TECNICO

4.1 Introducción

El país cuenta con viales estatales con mayor tráfico, teniendo ruidos excesivos que generan contaminación auditiva, sumándole a esto los pocos mantenimientos preventivos y correctivos que se deben hacer en una carretera con pavimento flexible, en las vías secundarias y terciarias son las que normalmente les pertenecen a los gobiernos provinciales realizar dichos mantenimientos, y quizás con las mayormente afectadas por el tráfico pesado, agrícola y doméstico ya que muchos equipos que transitan por estas vías son agrícolas y dañan las estructuras de la vía.

Figura 38

Vía Puebloviejo



Elaborado por: Mora (2022)

En el siguiente informe podemos ver la comparación de las características de los materiales tradicionales utilizados en el pavimento flexible versus la incorporación del caucho reciclado ya que posee características de fono-absorción y a su vez el proceso de mantenimiento para este tipo de material presenta ventajas en comparación al pavimento tradicional ya que el aspecto de la mezcla con caucho reciclado nos da una característica de porosidad producto de los porcentajes de vacíos existentes entre materiales.

El tráfico de diseño para la ejecución de una vía de pavimento flexible es la que se mide en la tabla del ministerio de transporte y obras públicas con valores de estabilidad, flujo y porcentaje de vacíos es la que se muestra en este informe.

4.2 Justificación

El presente estudio se realizó para mitigar uno de los problemas más comunes de contaminación ambiental y auditiva que existe en el mundo ya que permite disipar los contaminantes producidos por las llantas al ser almacenadas de una manera incorrecta y a su vez el ruido que se genera en diferentes carreteras del país, el mantenimiento es otro gran inconveniente que surge a la hora de construir pavimentos flexibles , motivo por el cual se le agrega porcentajes de caucho reciclado para mejorar las características del pavimento flexible ya que los mantenimientos también son fundamentales en las vías y comparando los diferentes pavimentos para varios tipos de grosores de asfalto.

4.3 Análisis de lo propuesto

El pavimento flexible o mezcla asfáltica tienen características de ser muy resistente a los altos tráfico por ello se realizó el presente estudio para determinar la incorporación del caucho reciclado como componente para la elaboración de la mezcla asfáltica manteniendo las especificaciones y estándares de estabilidad, porcentaje de vacíos y flujo.

El estudio se lo determino utilizando una cierta cantidad de caucho reciclado distribuidos en porcentajes tales como 5% - 2% y 1%, basándonos en una tabla del ministerio de transporte y obras públicas donde nos determinan valores establecidos para los diferentes tráfico.

Tabla 15

Criterios Marshall

TIPO DE TRAFICO	Muy Pesado		Pesado		Medio		Liviano	
CRITERIOS MARSHALL	Min.	Max.	Min.	Max.	Min.	Max.	Min.	Max.
No. De Golpes/Cara	75		75		50		50	
Estabilidad (libras)	2200	----	1800	----	1200	----	1000	2400

Flujo (pulgada/100)	8	14	8	14	8	16	8	16
% de vacíos en mezcla								
- Capa de Rodadura	3	5	3	5	3	5	3	5
- Capa Intermedia	3	8	3	8	3	8	3	8
- Capa de Base	3	9	3	9	3	9	3	9
% Vacíos agregados	VER TABLA 405-5.5							
Relación filler/betún	0.8	1.2	0.8	1.2				
% Estabilidad retenida luego 7 días en agua temperatura ambiente								
- Capa de Rodadura	70	----	70	----				
- Intermedia o base	60	----	60	----				

Fuente: Mtop (2022)

Figura 39

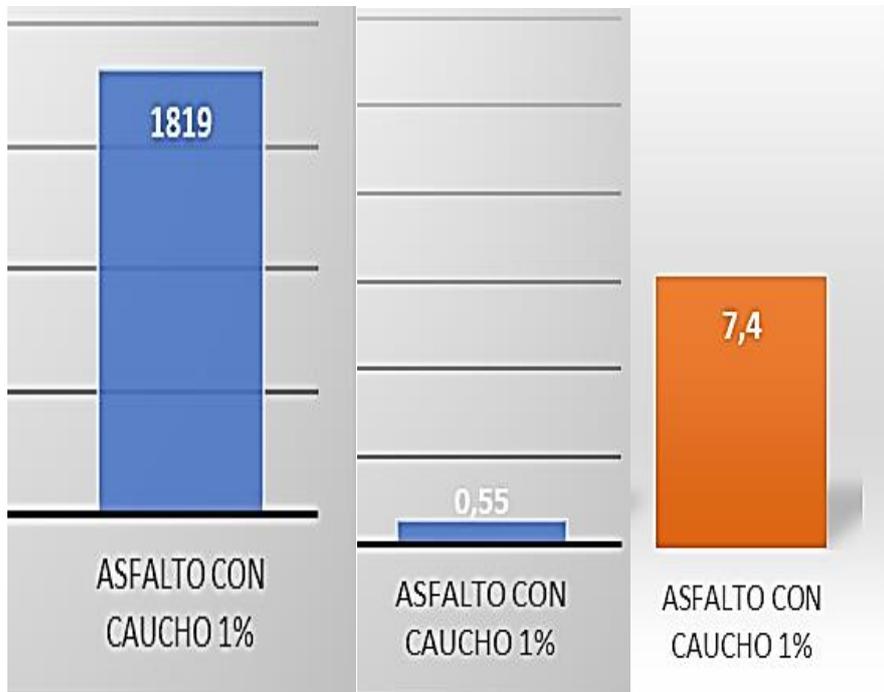
Propiedades de mezcla Asfáltica

PROPIEDADES DE LA MEZCLA ASFALTICA																	
Uso:	Carpeta Asfáltica				Constante anillo No.	3,413		Gravedad espec. Ag.	2,439		Estabilidad	2510,9					
Sector:					Nº de golpes	75		Rice:	2,250		Flujo:	10,2					
Fecha:	Octubre 2022							Dosificación % C.A.	6,10%		% de Vacios:	2,92					
					Gravedad especifica C.A.			Absorción:									
								Porcentajes del material del diseño: 3/4" 17% ; 3/8" 30% ; Arena 53%									
Briquet.	Factor	Peso (Gramos)			Volum.	DENSIDAD		Volumen % del total			%	%C.A	Estabilidad (Lbs)			Flujo	
No.	Correc.	Aire	Satura.	Agua	cm3	BULK	RICE	Asfalto	Aridos	Vacios	V.A.M	Efectivo	DIAL	Medida	Corregida		
Mezcla:													FECHA:	28/10/2022			
52% de arena y 1% de caucho reciclado	1,09	1170,4	1174,2	654,6	519,6	2,253							504	1720	1875	7,5	
	1,04	1168,2	1174	651,7	522,3	2,237							498	1700	1768	7,8	
	1,04	1172,5	1179	651,6	527,2	2,224							511	1744	1814	6,9	
						2,238	2,250	14,03	85,41	0,55	14,59	6,05			1819	7,4	
								ESPECIFICACIONES :								> 1800	8 - 14

Elaborado por: Mora (2022)

Figura 40

Diagrama de barras caucho reciclado 1% estabilidad – flujo -% de vacíos



Elaborado por: Mora (2022)

4.3.1 Análisis de lo propuesto en factibilidad

Luego de realizar los ensayos se observó que la mezcla asfáltica utilizando el 1% de caucho reciclado dio mejores resultados que con el 5% y 2% de caucho reciclado, ya que al utilizar la tabla del MTOP para los estándares de diseño del pavimento flexible nos permite tener asfalto para tipo de tráfico mediano y liviano, con su estabilidad permitida de 1800 libras , el porcentaje de vacíos nos permitirá ser utilizada como capa intermedia mas no como la capa de rodadura y con el flujo obtuvimos menos del 1% cuando la mínima es 8% es decir el único factor que no nos permite el diseño para dimensiones grandes de asfalto pero para mantenimientos y bacheos permitirá ser utilizados para las vías secundarias y terciarias debido a su nivel de tráfico y en las vías de primer orden como bacheos preventivos y correctivos.

Figura 41

Bacheo asfáltico



Elaborado por: Mora (2022)

4.3.2 Análisis de lo propuesto aspecto ambiental

La mezcla asfáltica con caucho reciclado es un gran aporte para el medio ambiente ya que dicho componente producto de las llantas que al momento de ser desechado bien es almacenado o es quemado generando grandes inconvenientes debido al poco conocimiento de manejos de desechos de ese tipo como las llantas y caucho, al incorporarla en el pavimento flexible se estará reutilizando un componente inservible después de su vida útil.

Figura 42

Asfalto ecológico



Fuente: Sánchez (2020)

Se genera grandes avances en materia ambiental y constructiva ya que se estará bajando los niveles de contaminación con el humo producto de la quema de llantas para tratar de desaparecer dichos cauchos y gestionando nuevas formas de pavimento flexible para ejecución de vías más estables y con mejores niveles medioambientales.

Figura 43

Tendido del Asfalto ecológico



Elaborado por: Mora (2020)

4.3.3 Análisis del propuesto aspecto económico

El asfalto tradicional tiene un costo de los materiales y producción por metro cuadrado detallados mediante un cuadro donde se aprecian las dosificaciones expresadas en porcentajes de acuerdo con el diseño de la mezcla y precios referenciales de costo de cada material tanto para la mezcla tradicional como para la agregada con caucho reciclado, con los siguientes precios por volquetas de 12 m³.

VIAJE DE PIEDRA 3/4	\$120,00	
PIEDRA 3/8	\$100,00	
ARENA	\$60,00	
RC250	\$120,00	55 GALONES
CAUCHO RECICLADO	\$23,00	SACO DE 50 LIBRAS

Figura 44

Caucho reciclado con agregado



Elaborado por: Mora (2022)

Figura 45

Pesado del Caucho reciclado



Elaborado por: Mora (2022)

En la figura se observa el mezclado de todos los agregados con su pesado para determinar los pesos específicos relativos de los ensayos que tenemos que observar en el diseño del pavimento flexible con caucho reciclado.

Tabla 16

Costo referencial de mezcla de asfalto

Mezcla Asfáltica Tradicional				
N°	MATERIALES	DOSIFICACION	CANTIDAD m3	COSTO
1	PIEDRA ¾	17%	0,0085	\$0,21
2	PIEDRA 3/8	30%	0,015	\$0,38
3	ARENA	53%	0,027	\$0,53
El 100% de los agregados los conforman la piedra ¾ - 3/8 y la arena teniendo el RC250 como material liquido es calentado a altas temperatura para que ocupe los vacíos que dejan los agregados antes mencionados y de esta forma se mezclen todos los agregados				
4	RC250	5%	2 GlS	\$4,36
COSTO POR METRO CUADRADO				\$5,48
Mezcla asfáltica con 1% de caucho reciclado				
N°	MATERIALES	DOSIFICACION	CANTIDAD m3	COSTO
1	PIEDRA ¾	17%	0,0085	\$0,21
2	PASANTE 3/8	30%	0,015	\$0,38
3	ARENA	52%	0,026	\$0,52
4	CAUCHO RECICLADO	1%	0,005	\$0,02
El 100% de los agregados los conforman la piedra ¾ - 3/8 y la arena teniendo el RC250 como material liquido es calentado a altas temperatura para que ocupe los vacíos que dejan los agregados antes mencionados y de esta forma se mezclen todos los agregados				
5	RC250	5%	2 GL	\$4,36
COSTO POR METRO CUADRADO				\$5.49

Elaborado por: Mora (2022)

4.3.4 Análisis del propuesto aspecto social

El asfalto con caucho reciclado es un método de innovación a la hora de construir carreteras de pavimento flexible ya que tiene gran acogida por su método constructivo ya que es posible en muchos países de Europa tener las vías con caucho

reciclado como aspectos de modernización en carreteras ya que para nuestro país tendría el énfasis central la costa y la sierra facilitando la construcción de las vías con este material dando ese impacto económico y de infraestructura que necesita el país.

Figura 46

Asfalto en caliente



Fuente: GADPLR (2022)

Figura 47

Bacheo asfáltico



Fuente: GADPLR (2022)

4.4 Análisis de la Fono-absorción

Un referente de los estudios de la fono absorción en la mezclas asfálticas es la tesis de Inés Aragüés, disertada previo a la obtención del masterado en ingeniera Acústica de la universidad de Málaga en el año 2015, en la cual afirma que no se tienen fichas técnicas, donde se establezcan los coeficientes de absorción en función de la frecuencia auditiva, sin embargo, existen documentaciones donde se indica que la reducción acústica media de los niveles sonoros oscila entre 3-4 dBA, con una reducción máxima de hasta 6 dBA, que según muestra la imagen 29, este tipo de asfalto tiene la característica particular de presentar porosidad, debido a la presencia de valores altos en el porcentaje de vacío.

Figura 48

Asfalto con caucho reciclado



Fuente: VIAL (2020)

Figura 49

Compactación con caucho reciclado



Fuente: VIAL (2020)

El ensayo con las briquetas de asfalto con el caucho reciclado se puede observar que existe porosidad la misma que nos va a permitir obtener las capacidades de fono-absorción al momento de hacer fricción con los neumáticos no generará el impacto sonoro común en el asfalto tradicional.

Figura 50

Briquetas de asfalto con caucho reciclado



Elaborado por: Mora (2022)

4.5 Conclusiones

- 1.- Se determinó la dosificación de la mezcla para la elaboración del pavimento flexible con la incorporación del caucho reciclado, estableciendo que la incorporación del caucho reciclado en la mezcla asfáltica atribuye facultades ambientales que ayudaran a la mitigación de los impactos ambientales y permitía tener mejores resultados en la parte constructiva para mantenimientos de vías.
- 2.- La mezcla asfáltica con caucho reciclado permitió verificar que los diferentes agregados luego de ser mezclados, se observó que, con la utilización de los porcentajes, siendo el 100% el total de la mezcla asfáltica conformado con 17% de la piedra $\frac{3}{4}$, 30 % de piedra $\frac{3}{8}$ y 53% de arena; siendo este último material el que varió en porcentaje con el caucho reciclado para 1, 2 y 5 por ciento de relación con la mezcla.
- 3.- Luego de realizar la dosificación para la mezcla asfáltica incorporando el caucho reciclado, con los agregados piedra $\frac{3}{4}$, piedra $\frac{3}{8}$ y arena, se obtuvieron resultados que revelan el porcentaje de vacíos y el flujo, estos parámetros se presentaron como los grandes inconvenientes frente a la incorporación del caucho reciclado, sin embargo, la estabilidad fue aceptable de acuerdo con la tabla del MTOP.
- 4.- La evaluación de la mezcla asfáltica permitió determinar la dosificación idónea, al tener los porcentajes de caucho reciclado 1, 2 y 5 %; considerando los porcentajes de vacíos en los 3 porcentajes fue mayor obteniendo con la piedra $\frac{3}{4}$ un 17%, piedra $\frac{3}{8}$ un 30%, arena 52% y agregando el 1% de caucho reciclado.
- 5.- Desarrollada la investigación se califica la hipótesis con juicio de valor verdadero, pues se presenta la propuesta del pavimento flexible con incorporación del caucho reciclado y por medio de la experimentación realizada en laboratorio se comprueba que la mezcla asfáltica logra ser porosa y por ende fonoabsorbente.
- 6.- Se distingue que al tener mayor porcentaje de caucho reciclado se experimenta reducción en la resistencia, situación que restringe el uso de esta mezcla asfáltica no tradicional para tráfico pesado y extrapesado.

4.6 Recomendaciones

- 1.- Esta investigación es un gran aporte al aspecto ambiental, ya que servirá para futuras investigaciones, donde nuevas empresas se preocupen por el medio ambiente, teniendo las recicladoras de caucho un mayor incremento en sus procesos de reciclaje, de esta manera disminuyendo los gastos públicos por mantenimientos de las vías.
- 2.- El pavimento asfáltico con caucho reciclado deberá ser una alternativa enfocada en zonas donde existe menor tráfico, ya que podrá ser utilizado como medida de mitigación de impacto ambiental para las instituciones públicas que realicen construcciones en zonas urbanísticas.
- 3.- La presente investigación da como variante a ser empleada para trabajos de mantenimiento viales en carreteras donde se realice bacheo menor, por lo que, se recomienda la incorporación de caucho reciclado en la mezcla asfáltica tradicional, para tráfico mediano y liviano donde la afluencia vehicular es menor.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Cristina G. Pedraz. (9 de noviembre del 2019). Agencia Iberoamericana para la difusión de la ciencia y la tecnología. <https://www.dicyt.com/noticias/desarrollan-asfaltos-que-reducen-hasta-la-mitad-la-sensacion-de-ruido>.
- European Acústica. (21 de abril del 2018). Aislamiento Acústico. <https://www.europeanacustica.com/aislamiento-acustico/materiales-aislantes-acusticos-y-absorbentes>
- Juan Carlos I. (2017). Ley 37 del ruido. Jefatura del estado. <http://kpalma1.blogspot.com/2017/01/asfalto-fonoabsorbente-innovacion-para.html>.
- Asefma. (2022). Reduciendo emisiones, reforzando el firme. <https://asefma.es/tag/consideraciones-acusticas-en-las-mezclas-bituminosas/>.
- Tello-Cifuentes, L., Aguirre-Sánchez, M., Díaz-Paz, J. P., y Hernández, F. (2021). Evaluación de daños en pavimento flexible usando fotogrametría terrestre y redes neuronales. *Tecnológicas*, 24(50), 59-71. Obtenido de: http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0123-77992021000100059
- Ríos Cotazo, N. X., Bacca Cortés, B., Caicedo Bravo, E., y Orobio Quiñónez, A. (2020). Revisión de métodos para la clasificación de fallas superficiales en pavimentos flexibles. *Ciencia e Ingeniería Neogranadina*, 30(2), 109-127. Obtenido de: http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0124-81702020000200109
- Conama, F. EVALUACIÓN DEL IMPACTO EN LA SALUD (2020) Obtenido de: https://scholar.google.es/scholar?hl=es&as_sdt=0%2C5&as_ylo=2018&q=asfalto+fonoabsorbente&btnG=&oq=asfalto+fonoa

- Arcos Arcos, J. F. Acústica de materiales para carreteras. (2019) obtenido de:
https://scholar.google.es/scholar?start=10&q=asfalto+fonoabsorbente&hl=es&as_sdt=0,5&as_ylo=2018
- García Corzo, N. R. (2019). Evaluación de la contaminación acústica por tráfico rodado y propuesta de mitigación alrededor de la ciudad universitaria. Obtenido de:
https://repositorio.uncp.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12894/6506/T010_09846811_M.pdf?sequence=1&isAllowed=y
- Torres, P. M. F., Gatica, A., Trinidad, D., & Sulca, V. (2022). Uso de Grano de Caucho Reciclado para mejorar la resistencia y durabilidad en pavimentos: una revisión literaria. *INVESTIGATIO*, (18). Obtenido de:
https://scholar.google.es/scholar?as_ylo=2018&q=caucho+reciclado+pavimento&hl=es&as_sdt=0,5.
- Valero Fajardo CL, y Hechavarría Hernández JR (2020) Análisis PEST basado en mapas de decisión difusos para el ordenamiento de factores de riesgo en la planificación territorial del Cantón Vinces, Ecuador. Springer, Cham. vol. 1131. Obtenido de: https://doi.org/10.1007/978-3-030-39512-4_181
- Vásquez Molocho, C. y Delgado Bardales, J. (2021). Gestión del riesgo de desastres para mejorar el ordenamiento territorial en municipalidades. *Ciencia Latina Revista Multidisciplinar*, 5(1). Obtenido de:
https://doi.org/10.37811/cl_rcm.v5i1.214
- Chávez, C., Chara, P., Alarcón, M. y Fois, M. (2017). Influencia de la fibra de acero en el control de la tenacidad del hormigón simple. <https://www.recimundo.com/index.php/es/article/view/227>
- Delbono, Héctor Luis, and Nicolás Ezequiel Gullino. 2020. "Ensayo a Fatiga, Implementando La Semi Probeta (SCB), Sobre Mezclas Asfálticas Con Diferentes Modificadores Del Cemento Asfáltico." *Revista de Ingeniería*.
- Guzmán Suárez, Edwin Antonio. 2017. "Factores Para El Ajuste de Los Módulos de Retrocálculo de Pavimentos Flexibles." *Ciencia, Innovación y Tecnología (RCIYT)* 3:73–89.

- Farfán Canchis, D., & Romero Dextre, Z. (2019). Propiedades Mecánicas del Asfalto en caliente adicionando 1.5% de Caucho Reciclado Granular, Chimbote - 2019. Chimbote, Perú.
- Jurado Rivera, E., & Palacios Ledesma, J. (2018). Evaluación de las propiedades mecánicas de las carpetas asfálticas utilizando tratamiento rejuvenecedor, aplicado para la vía Princesa Toa-Conocoto en la ciudad de Quito. Quito, Ecuador: Pontificia Universidad Católica.
- Qurashi, I., & Krishna, A. (2018). Propiedades viscoelásticas del aglutinante de asfalto reciclado que contiene aceite de motor usado. *Journal of Cleaner Production*, 1000.
- Vera Castellanos, J., & Benitez Guevara, E. (2020). Estudio del comportamiento energético del aceite de motor reciclado como fluido de trabajo en un sistema de panel solar de placa plana en zonas de alta exposición solar en Colombia. Bogotá, Colombia.
- Cámara mexicana de la industria de la construcción. (15 de febrero de 2019). *Revista Mexicana de la Construcción*. Recuperado el 2020, de *Revista Mexicana de la Construcción* web site: <https://www.cmic.org/lo-que-es-necesario-saber-de-lamezcla-asfáltica/>
- Huertas, G., & Cazar, J. (2014). ESPE Universidad de las fuerzas armadas, departamento de Ciencias de la tierra y la construcción Carrera de Ingeniería Civil. Recuperado el 2020, de <http://repositorio.espe.edu.ec/xmlui/handle/21000/8413>

ANEXO 1: Combinación de agregados para obtener la mezcla asfáltica con los respectivos pesos.



ANEXO 2: Muestras realizadas para la obtención de resultados con las diferentes dosificaciones y porcentajes.



ANEXO 3: Verificando el peso de las muestras realizadas en laboratorio, y teniendo en consideración los posibles cambios.



ANEXO 4: Colocando las muestras en baño María para obtener resultados de acuerdo a los estudios.



ANEXO 5: Realizando pruebas de esfuerzo a las briquetas de pavimento asfáltico.



ANEXO 6: Calentando la mezcla asfáltica para obtener la temperatura óptima para el estudio.



ANEXO 7: Muestra de la hoja de cálculo para el examen del diseño de estabilidad y flujo.

ENSAYO DE ESTABILIDAD Y FLUJO DEL HORMIGON ASFALTICO																			
PROYECTO: PAVIMENTO FLEXIBLE CON FONDO-ABSORCIÓN INCORPORANDO CAUCHO RECICLADO																			
SOLICITA: Ing Kevin Mora Onofre																			
SECTOR: Pueblo Viejo																			
CONSTRUCTOR:																			
Gagr. 2,314																			
Fecha	% asfalto	Esesor	Peso briqueta en gm		Peso específico		Asfalto		Volumen % Total		Vacíos en		Reso	Estabilidad	Flujo	Factor			
		Briqueta	Seca	S.S en	Enagua	"Bulk"	Máximo	Máximo	Absorbido	Agregados	Vacíos con	Asfalto	Minerales	Unitario	Medida	Corregida			
A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O	P	Q	R	S	
				Aire			Tórico	Medido	%	(100-b)*g	(1-g)*100	100-k-l	100-k	=b/(100-b)	62.4g				
						=d-e-f			$\frac{(h-i) \cdot 10^4}{(100-b)}$	Gagr.									
#####	5.5	6.4	1110.1	1111.5	586.2	2,154										2085	2043.3	8.42	0.98
		6.5	1118.3	1120.6	601.1	2,153										2115	2030.4	8.33	0.96
		6.4	1115.4	1115.6	588.7	2,158										2165	2121.7	8.44	0.98
		6.7	1164	1166.3	633	2,183		2,319	3.35	88.0	7,087	4,892	12.0	2,335	134.47	2065.1	8.40		
		5.6	985.5	986.9	535.2	2,182										2450	2229.5	9.49	0.91
		5.9	1058.9	1059.9	575.2	2,185										2227	2716.9	9.87	1.22
		6.5	1170.2	1170.8	635.5	2,186		2,252	2.30	88.7	3,071	8,233	11.3	3,843	136.22	2385	2695.1	10.1	1.13
		6.3	1088.5	1099.8	598.8	2,193										2415	2318.4	11.32	0.96
		6.5	1175.4	1177.5	642.2	2,196										2421	2469.4	11.27	1.02
		6.0	1080.6	1060.8	575.2	2,184		2,243	2.42	88.6	2,307	9,127	11.4	4,242	136.75	2406	2309.8	12.1	0.96
		6.0	1085.6	1066.2	577.6	2,181										2185	2381.7	13.11	1.09
		6.2	1088.5	1068.8	580.2	2,187										2154	2347.9	13.23	1.09
						2,184		2,235	2.55	87.8	2,277	9,832	12.2	4,631	136.28	2145	2230.8	13.47	1.04
																	2320.1	13.27	

ESPECIFICACIONES:
 Estabilidad mínima = 1.800 lb
 Flujo (0.01 pg.) = 8-14
 % vacíos = 3-5

ANEXO 8: Muestra de la hoja de cálculo para diseño con pesos específicos de agregados.

LABORATORIO DE SUELOS			
PROYECTO: PAVIMENTO FLEXIBLE CON FONOS-ABSORCIÓN INCORPORANDO CAUCHO RECICLADO			
SOLICITA: Ing Kevin Mora Onofre			
MUESTRA: 3/4", 3/8" Y arena		FECHA: 20 – sep – 2022	
USO: Hormigón Asfáltico.			
PESO ESPECIFICO - AGREGADO GRUESO			
Material que pasa el tamiz 2" y es retenido en el # 4		3/4"	3/8"
A	Peso en el aire de la muestra secada al horno	6034,5	5937,5
B	Peso en el aire de la muestra saturada sup. Seca	6219,4	6173,2
C	Peso en el agua de la muestra saturada	3992,6	3861,9
Peso específico aparente A/(B-C)		2,710	2,569
Peso específico de S.S.S B/(B-C)		2,793	2,671
Peso específico nominal A/(A-C)		2,955	2,861
% de absorción (B-A)/A		3,064	3,970
PESO ESPECIFICO DE AGREGADO FINO			
		# 1	
Material que pasa el tamiz # 4 y es retenido en el integral		Arena	
A	Peso aire muestra seca	242,6	
B	Peso picnómetro aforado lleno de agua	348,1	
C	Peso picnómetro aforado con muestra y agua	482,4	
S	Peso muestra saturada con superficie seca	250	
Peso específico aparente		2,097	
Peso específico aparente (S.S.S)		2,161	
Peso específico nominal		2,240	
% Absorción		3,050	

ANEXO 9: Muestra de la hoja de cálculo para diseño de granulometría con la Norma INEN.

ENSA YO DE GRANULOMETRIA NORMA INEN (872)					
PROYECTO: PAVIMENTO FLEXIBLE CON FONO-ABSORCIÓN INCORPORANDO CAUCHO RECICLADO					
SOLICITA: Ing Kevin Mora Onofre				FECHA: 20 – sep – 2022	
MUESTRA: LUZAGUI VIA SALITRE				CONSTRUYE:	
SECTOR: via Salitre					
	¾	3/8	Arena		
% cada tolva	16,7	30,5	52,87	100,00	
	% pasa # 1	% pasa # 2	% pasa 3	% Pasa Total	% ESPECIF.
TAMIZ	290	530	920	1740	
1" (25,0 mm)	16,67	30,46	52,87	100,0	-
3/4" (19,0 mm)	15,03	30,46	52,87	98,4	100
1/2" (12,7 mm)	8,01	30,18	52,87	91,1	90-100
3/8" (9,5 mm)	3,78	19,79	52,87	76,4	-
# 4 (4,75 mm)	0,19	2,98	49,39	52,6	44-74
# 8 (2,36 mm)	0,00	1,21	42,36	43,6	28-58
# 50 (0,30 mm)	0,00	0,18	17,80	18,0	5-21
# 200 (.075 mm)	0,00	0,00	6,48	6,5	2-10

Granulometría carpeta

Diam. tamices mm

Nota: Serie H material en estudio ; serie I y J curvas límites

Observación: Cumple especificación

ANEXO 10: Participación en el VI CONGRESO INTERNACIONAL EN INNOVACION DE LA INGENIERIA CIVIL 2023 en Santa Elena como ponente

**VI CONGRESO INTERNACIONAL EN INNOVACIÓN DE LA INGENIERÍA
CIVIL
MEMORIAS CIENTIFICAS**

PONENCIA

Mg. Carlos Luis Valero Fajardo

cvalerof@ulvr.edu.ec

Ing. Kevin Jonathan Mora Onofre

kmorao@ulvr.edu.ec

Mg. Erika Mabel González Tobar

egonzalezto@ulvr.edu.ec

Mg. Kleber Alberto Moscoso Riera

kmoscosor@ulvr.edu.ec

Universidad Laica Vicente Rocafuerte de Guayaquil

**APROXIMACIONES CIENTÍFICAS DE UN PAVIMENTO FLEXIBLE, SUSTENTABLE
Y ECOEFICIENTE: COMPORTAMIENTO FÍSICO MECÁNICO DE UNA MEZCLA
ASFÁLTICA CON CAUCHO GRANULADO RECICLADO.**

Resumen: El aumento del deterioro de pavimentos flexibles, es un problema técnico que trasciende afectaciones sociales, económicas y medioambientales; a menudo se observan daños en las carpetas asfálticas que suponen causas como, cambios periódicos climáticos, tránsito vehicular y bajo control de calidad; sin embargo, la fijación de la academia por mejorar las características físicas, mecánicas con componentes biológicos y residuos reciclados, revela que la génesis del problema es la tradicional mezcla asfáltica. La investigación tuvo como objetivo experimentar el comportamiento mecánico y físico de una mezcla asfáltica con adición de caucho granulado reciclado, para aporte de las aproximaciones científicas de un pavimento flexible, sustentable y ecoeficiente. La metodología considera una investigación tipo experimental anidada en fundamentos técnicos, teóricos y científicos. El método inductivo y enfoque cuantitativo, inició con la manipulación de la variable independiente caucho granulado reciclado para medir efectos en las variables dependientes estabilidad, flujo y vacío, que revelan el comportamiento físico mecánico de la mezcla asfáltica. En la comparativa se distingue como resultado relevante, que con la innovación la mezcla asfáltica adquiere característica elastoplásticas e impermeabilizantes. Además, dentro de las conclusiones resalta que el caucho granulado reciclado logra mejorar las características físicas mecánicas en la tradicional mezcla asfáltica.

Descriptores claves: Ciencia, experimento, asfalto, sustentabilidad, ecoeficiencia.

Fecha de recepción: 15/03/2023
Fecha de aprobación: 19/05/2023

Caucho granulado y su influencia en la estabilidad, flujo y vacío de una mezcla asfáltica

Kevin Jonathan Mora Onofre¹, Carlos Luis Valero Fajardo²

Resumen

El presente artículo es resultado del Proyecto de Investigación titulado *Tecnologías Innovadoras de un Pavimento Flexible, Sustentable y Ecoeficiente* código IC-ULVR-22-78. La experimentación con mezcla asfáltica y caucho reciclado fue motivada por la necesidad de generar un pavimento flexible resistente y duradero que mitigue el estrés urbano generado por la disminución de los niveles de servicio e incidencia de las lluvias en la durabilidad de las vías urbanas. La investigación somete a prueba la mezcla asfáltica tradicional con la incorporación de caucho reciclado para experimentar el comportamiento físico-mecánico mediante el ensayo de laboratorio Marshall y supone la obtención de un producto técnico-ambiental mínimo viable, para el tráfico liviano urbano, todo esto con base en la innovación tecnológica. La metodología declara una investigación de tipo experimental con soporte técnico, teórico y científico. El método inductivo inició con la manipula-

ción de la variable caucho reciclado que permitió la medición de efectos en las variables estabilidad, flujo y vacío, con el enfoque cuantitativo. El análisis y discusión de resultados revela que, con la adición de uno por ciento de caucho reciclado, la mezcla presenta mejor estabilidad que la tradicional. Por otro lado, en cuanto a los parámetros flujo y vacío se distingue el no cumplimiento de rangos normados; sin embargo, el porcentaje de vacíos que se obtiene en la mezcla no tradicional, atribuye características porosas que motivan a distinguirla con propiedades impermeabilizantes, mismas que son relevantes considerando la requerida durabilidad de los pavimentos flexibles urbanos. El estudio es útil porque genera una contribución en la solución del problema identificado, así como también, motiva un balance de impactos ambientales generados con la construcción de vías urbanas.

Palabras clave: Asfalto, experimento, medio ambiente, carretera, desarrollo sostenible.

¹Kevin Jonathan Mora Onofre. Prefectura de los Ríos, Babahoyo-Ecuador, <https://orcid.org/0000-0009-8896-4464>, kevin.mora@lorias.gov.ec

²Carlos Luis Valero Fajardo. Universidad Latac VICENTE ROCAFUERTE de Guayaquil, <https://orcid.org/0000-0003-3202-0327>, cvalerof@ulvr.edu.ec

ANEXO 12: Certificado de participacion como Investigador Invitado en la Universidad Laica Vicente Rocafuerte de Guayaquil.



DEPARTAMENTO DE
INVESTIGACIÓN CIENTÍFICA,
TECNOLOGÍA E INNOVACIÓN

Guayaquil, 27 de julio del 2023

CERTIFICADO

Por medio de la presente, el Departamento de Investigación Científica, Tecnológica e Innovación de la Universidad Laica VICENTE ROCAFUERTE de Guayaquil hace constar que el **Ing. Civil Kevin Jonathan Mora Omeffe** participa como investigador invitado, en el proyecto de Investigación detallado a continuación, que fue aprobado en la Convocatoria interna para la presentación de Proyectos del año 2022 de la ULVR y que se encuentra en ejecución

Código del Proyecto	Título del Proyecto	Fecha de inicio	Duración (meses)	Cargo
IC-ULVR-22-78	Tecnologías innovadoras de un pavimento flexible, sustentable y ecoeficiente.	02 de mayo de 2023	18	Investigador invitado

Se expide la presente a solicitud del interesado, para los fines que estime conveniente.

Acreditamente,



CARLOS LUIS VALERO
Fajardo



Mgtr. Carlos Luis Valero Fajardo
Director del Departamento de Investigación Científica, Tecnológica e Innovación
Universidad Laica VICENTE ROCAFUERTE de Guayaquil